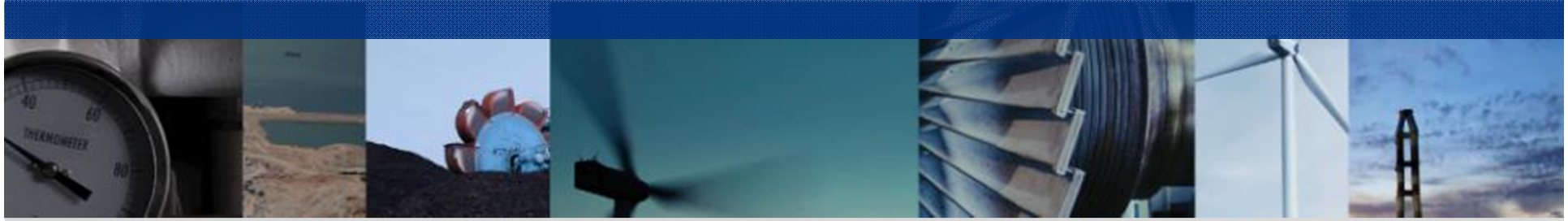
2021 KEPIC-Week

발전설비 운영효율 개선을 통한 탄소배출 감축

2021. 10



한국남동발전 인재기술개발원

박병철 책임

KOEN 한국남동발전 KOREA ENERGY

목 차

1. 화력발전소 운영환경 변화

2. 화력발전소 운영효율 결정요소

3. 화력발전소 효율저하원인 분석

4. 디지털기술 활용 화력발전소 성능관리

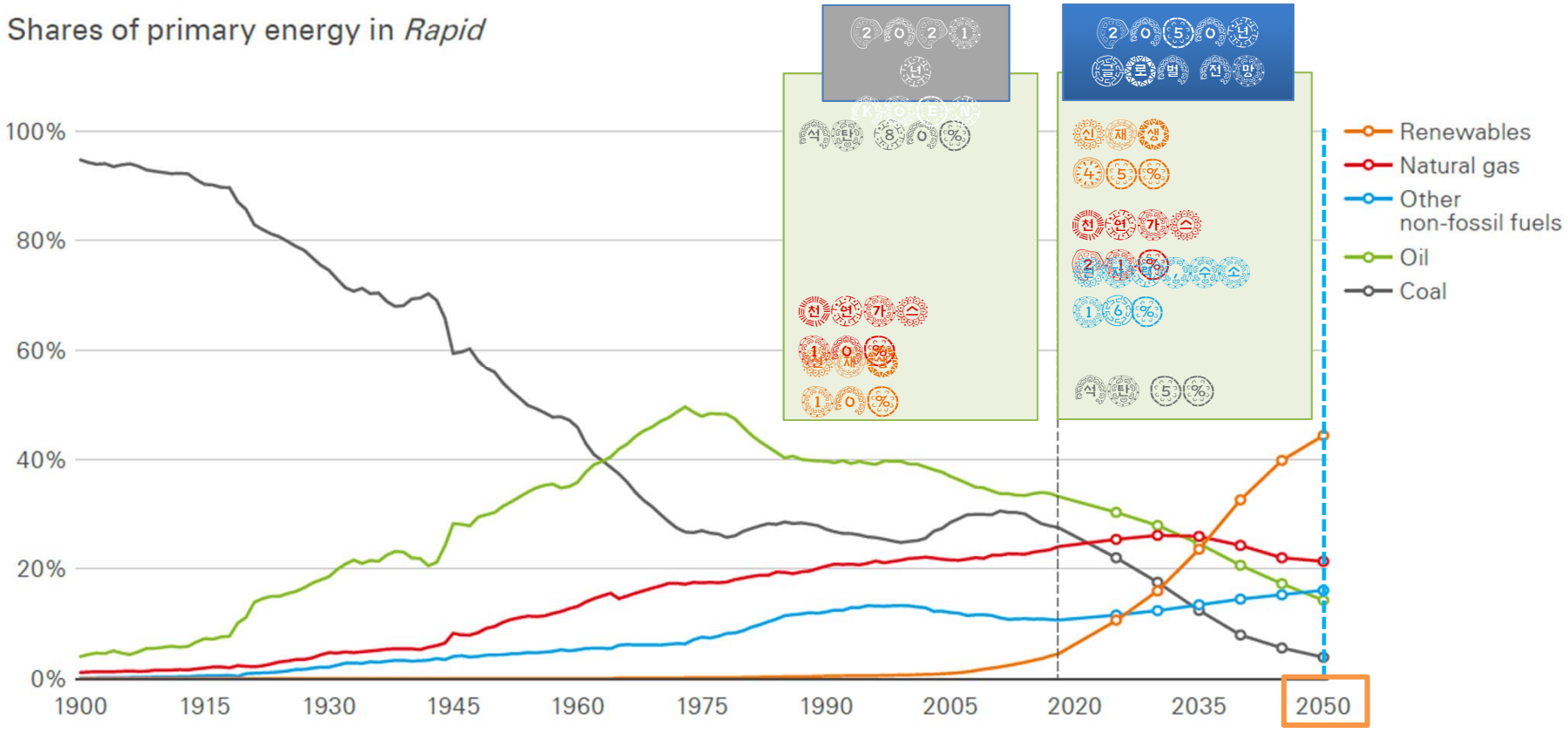
5. 결 론

1. 화력발전소 운영환경 변화

Clean & Smart Energy Leader

KOEN

세계적인 저탄소 추세로 글로벌 에너지 시장의 급격한 변화 예상



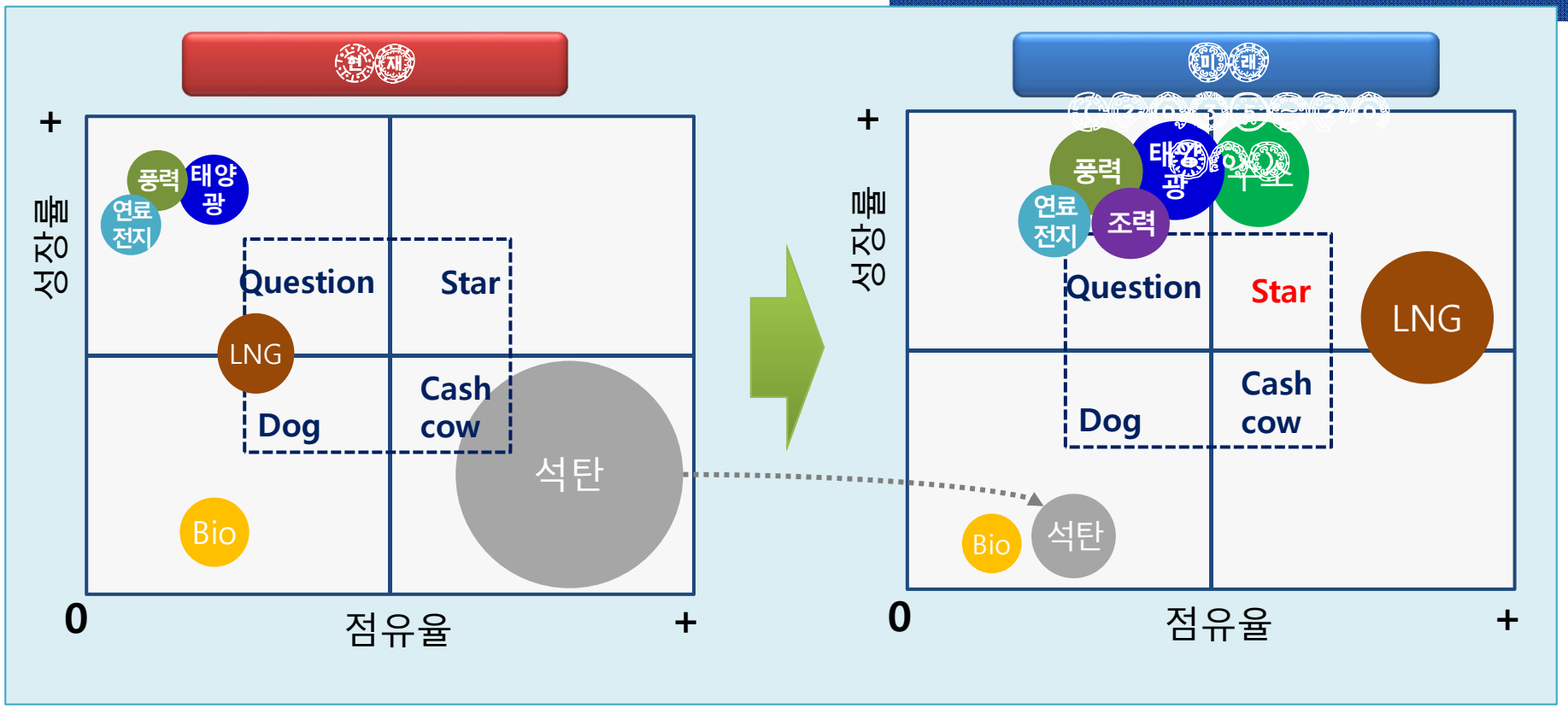
출처 : Energy outlook 2020, BP

KOEN 한국남동발전 KOREA ENERGY

1. 화력발전소 운영환경 변화

Clean & Smart Energy Leader

KOEN

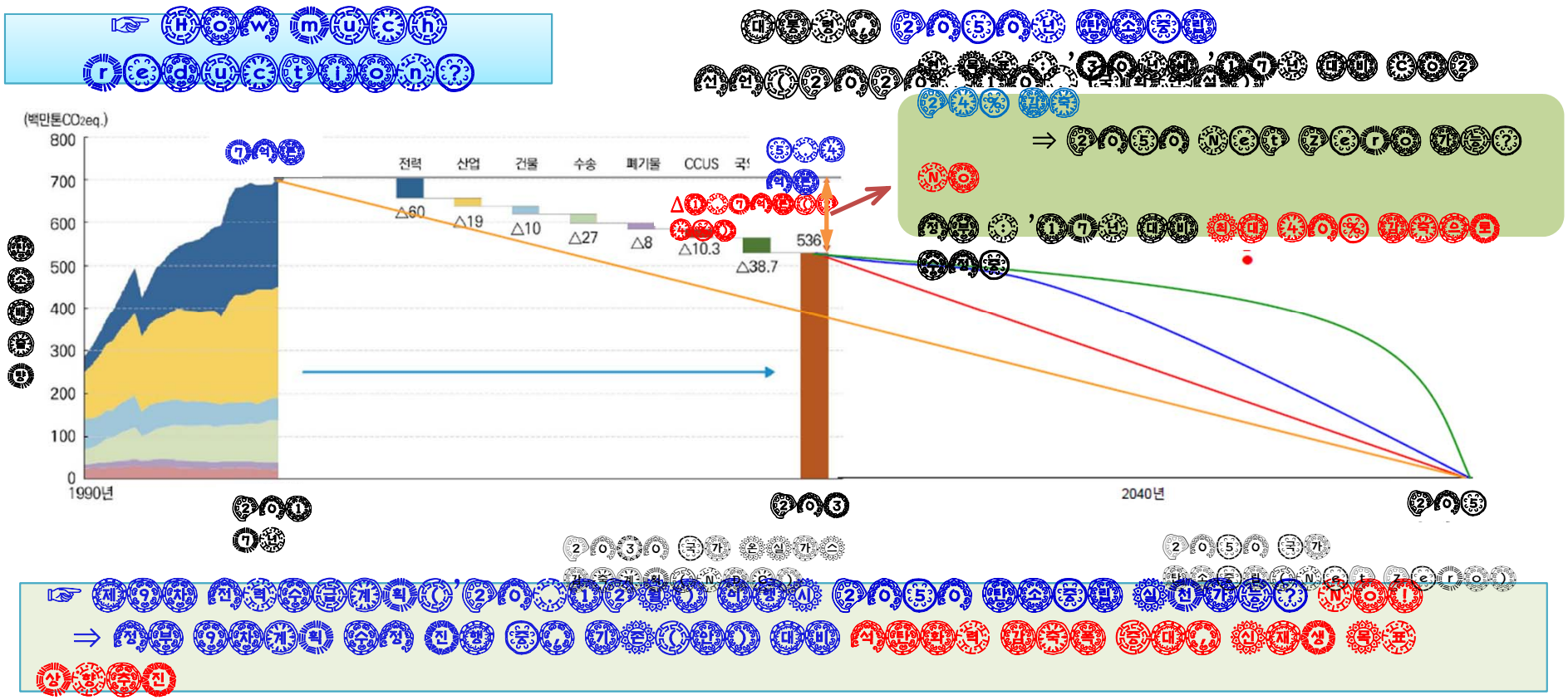


구분	현재(2021)	미래(2035~2040)
석탄	Cash Cow(점유율↑) 성장률↓	Dog(점유율↓) 성장률↓
LNG, 수소	Question(점유율↓) 성장률↑	Star(점유율↑) 성장률↑

발전
ERGY

1. 화력발전소 운영환경 변화

Clean & Smart Energy Leader



1. 화력발전소 운영환경 변화

[전력시장 개편방향]

- ✓ 온실가스 감축목표 달성을 위한 석탄총량제 도입
- ✓ 전원별 특성에 맞는 경쟁촉진 및 시장감시 기능 강화
- ✓ 신재생 변동성 대응을 위한 차세대 전력시장 도입

1. '34년까지 석탄 30기 폐지 및 24기는 LNG 전환
2. 석탄총량제(석탄 발전량 상한제) 시행_미세먼지 계절관리제 포함
3. 설계수명 30년 이전 석탄발전기에 잔여투자비 보전 등을 통해 조기전환
4. 석탄발전기 가격입찰제(Price Bidding Pool) 시행
5. 재생에너지 20MW이상 발전기 대상 CP 지급(입찰 참여)
6. 중개사업자(VPP) 분산 전원 유도(재생E 발전 후 직접판매, 송전망 Bypass)

1. 화력발전소 운영환경 변화

[검토 배경]

√ **정부 탈석탄 정책으로 석탄화력 온실가스 감축의무 대폭강화 전망**

⇒ **발전단가 중심의 전력시장 재편으로 석탄화력 효율 저하시 수익성 악화예상**

√ **석탄화력 설계효율 근접운영 등 종합 효율관리체계 수립·운영 필요**

※ **석탄상한제, 가격입찰제 시행 : 전력거래소 연구용역(21.3~22.3)으로 제도설계 예정**

'21년	'22~'23년	'24~'25년
·석탄자발적상한제(경평반영) ·정산조정계수 연말폐지	·석탄상한제 ·가격입찰제(석탄)	·석탄상한제 ·가격입찰제(LNG 확대)

[주요 이슈]

현재 운영중인 석탄화력발전소 호기별 설계대비 약 1~3% 성능 저하 발생

⇒ **수익성 제고를 위해 종합 효율관리체계 필요**

√ **(효율관리) 사업소 효율업무 관리주체 미확립, 성능시험 환류체계 미흡**

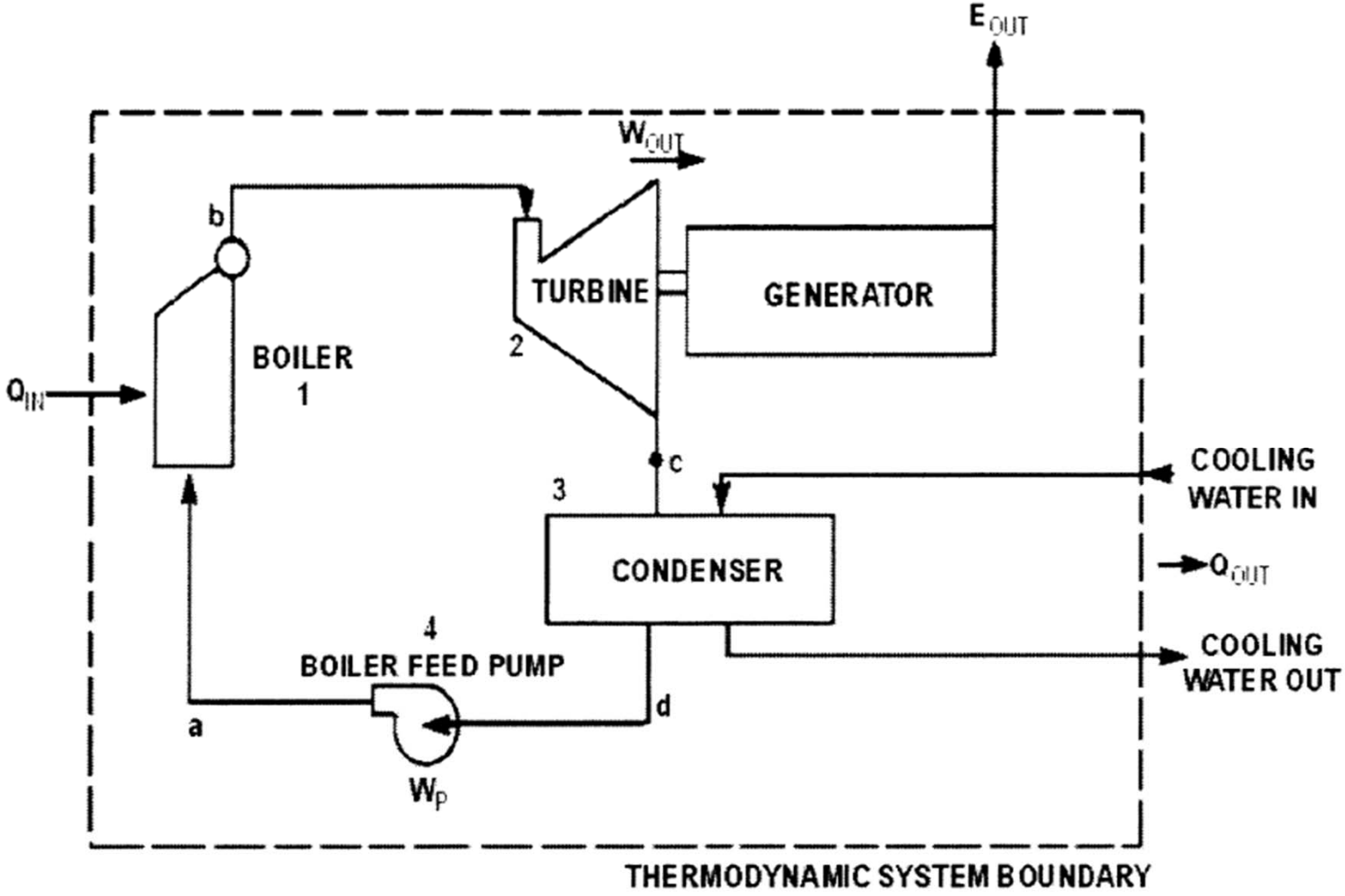
√ **(설비투자) 고장예방 투자 편중, 성능 관련 기술개발 등 투자부족**

√ **(인력운영) 사업소 효율관리 및 자체 성능시험 수행 전문인력 부족**

2. 화력발전소 운영효율 결정요소

[석탄발전소 구성기기]

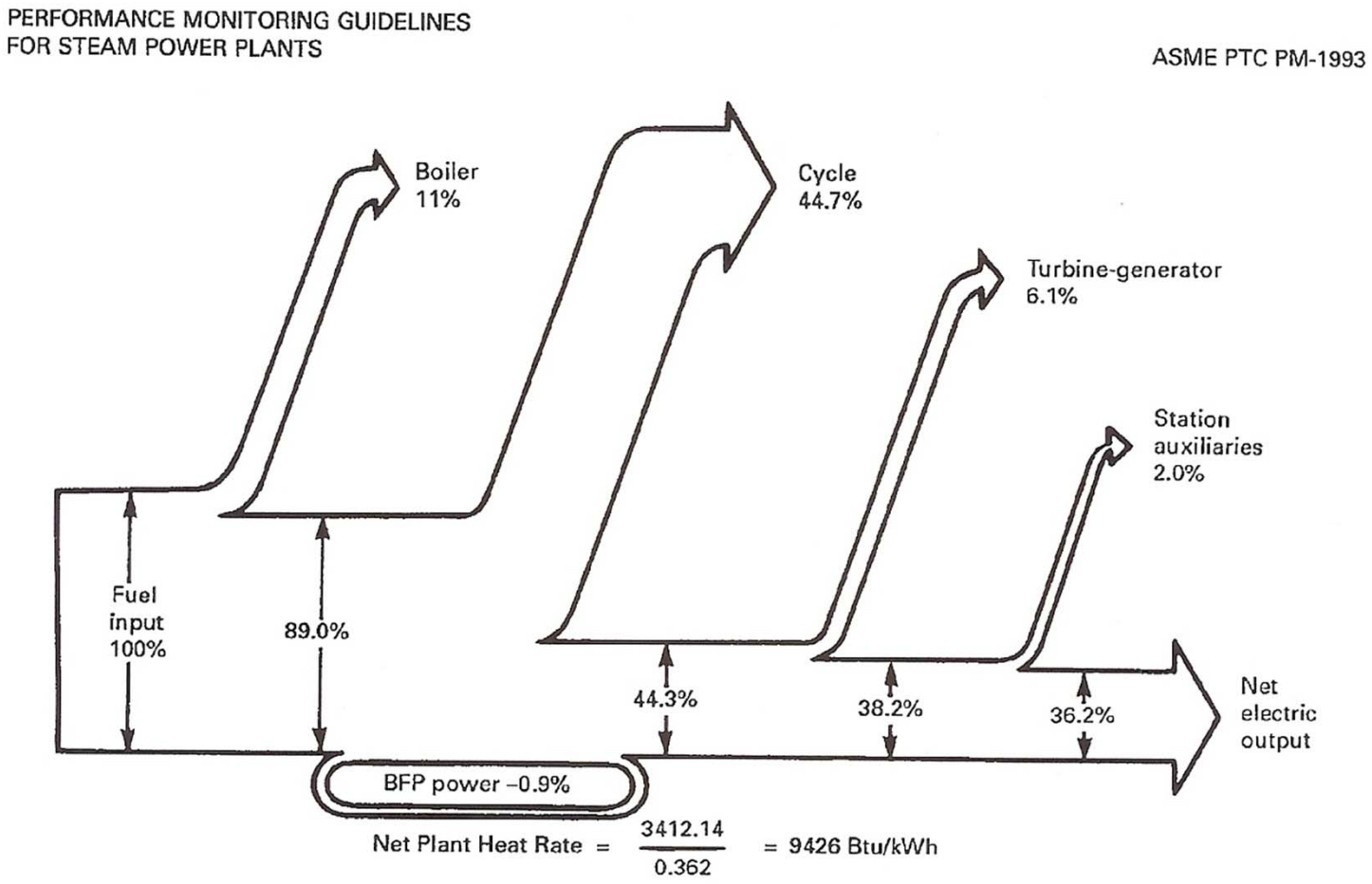
√ **보일러, 터빈, 복수기, 급수가열기 등 주요기기 각각의 성능 최적화 필요**



2. 화력발전소 운영효율 결정요소

[석탄발전소 플랜트 손실]

√ **보일러, 터빈, 복수기, 기타 보조기기 등에서 발생하는 손실의 최소화 요구**



2. 화력발전소 운영효율 결정요소

[온실가스 배출량 산정식]

√ **온실가스 배출량(톤-CO_2)**

= 연료사용량(톤-Fuel) × CO_2배출계수(톤CO_2/톤-Fuel) × 0.99(연료산화계수)

○ '연료 사용량⇑'은 '발전효율⇓' '총발열량⇓'에 따라 결정

○ 'CO_2배출계수⇑'는 연료 중의 '탄소⇑', 'Ash⇑' 비율에 따라 결정

$$\text{☞ } CO_2\text{배출계수} = \frac{C\% \times 100}{100 - Ash\%} \times \left(100 - \text{총수분}\% - \frac{(Ash\% \times (100 - \text{총수분}\%))}{100}\right) \times 44/12$$

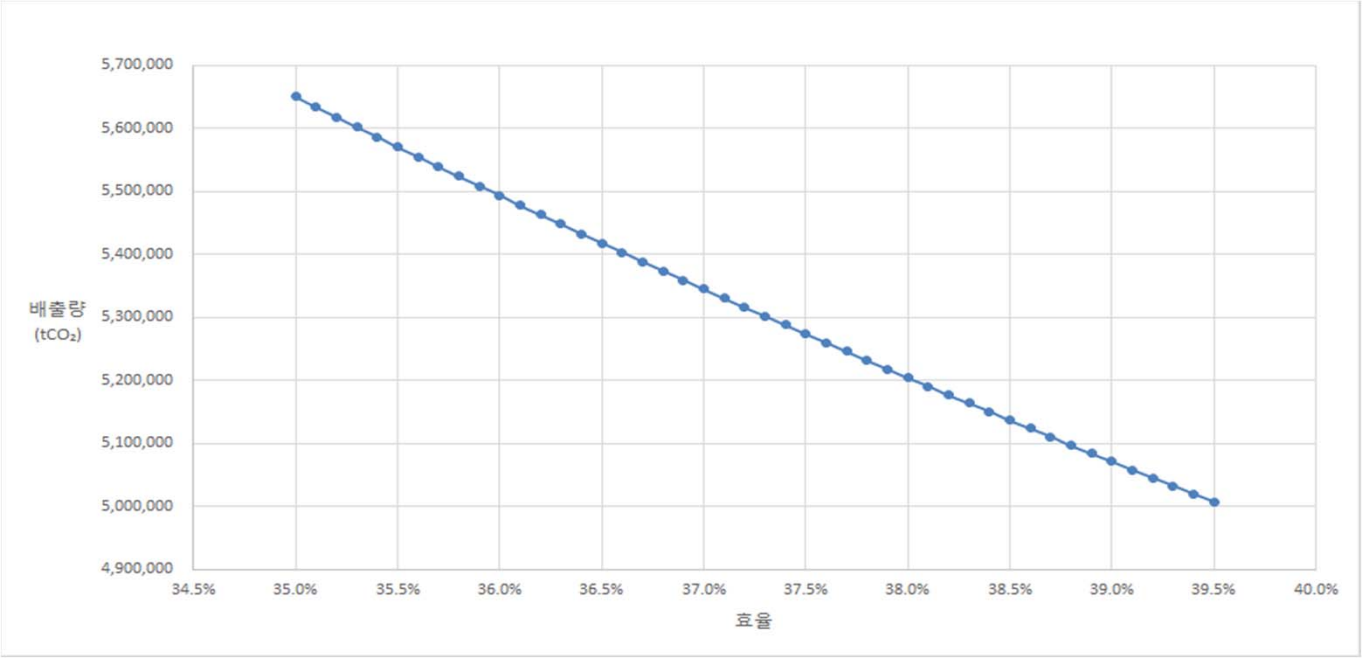
2. 화력발전소 운영효율 결정요소

[효율과 온실가스 배출량]

√ 세부 산식 : $\text{배출량}(tCO_2) = \frac{\text{발전량}(GWh)}{\text{효율}(\%)} \times \text{배출계수}(tCO_2/GJ)$

$$\text{배출량}(y,\ tCO_2) = \frac{1{,}977{,}656.04}{\text{효율}(x,\ \%)}$$ (반비례 그래프 형성)

√ 그래프 (범위 : 35.0% ~ 39.5%)



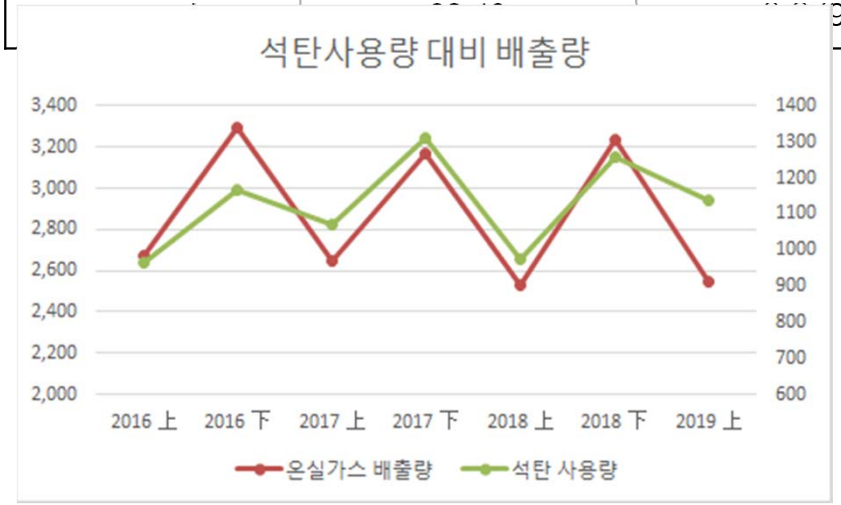
Ex) 800MW 1호기 효율 38.5% → 39.5% 상승시 13만톤 감축효과 발생, 약 37억원 비용절감

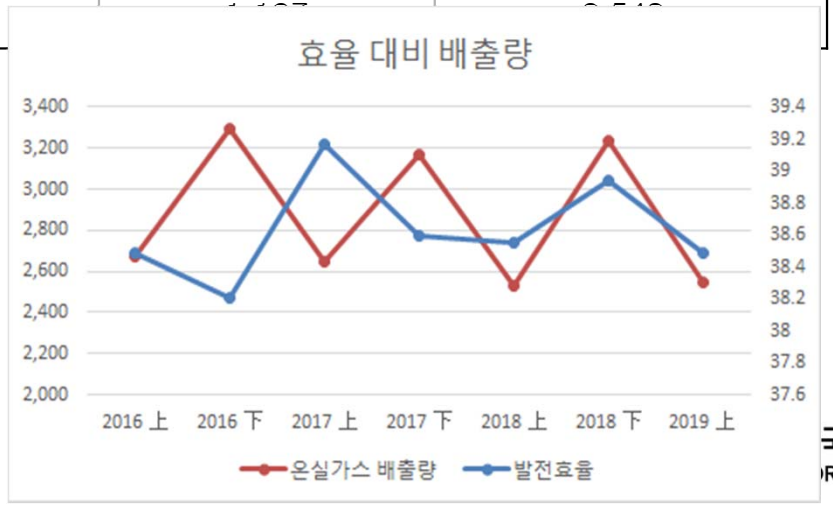
2. 화력발전소 운영효율 결정요소

[효율과 온실가스 배출량]

□ OO#1(800MW급) 기간별 효율, 석탄 사용량 및 온실가스 배출량

기 간 (반 기)	효율 (%)	발전량 (GWh)	석탄 사용량 (천 톤)	온실가스 배출량 (천톤CO_2)
2016 上	38.49	2,497	965	2,676
2016 下	38.21	3,085	1,169	3,297
2017 上	39.17	2,824	1,069	2,645
2017 下	38.59	3,384	1,310	3,169
2018 上	38.55	2,496	974	2,528
2018 下	38.94	3,208	1,257	3,234





2. 화력발전소 운영효율 결정요소

[온실가스 배출량 산정식]

√ 고열량탄의 온실가스 배출량이 적음

○ 고열량탄의 연료 사용량 감소율 대비 CO_2 배출계수 증가율이 작음

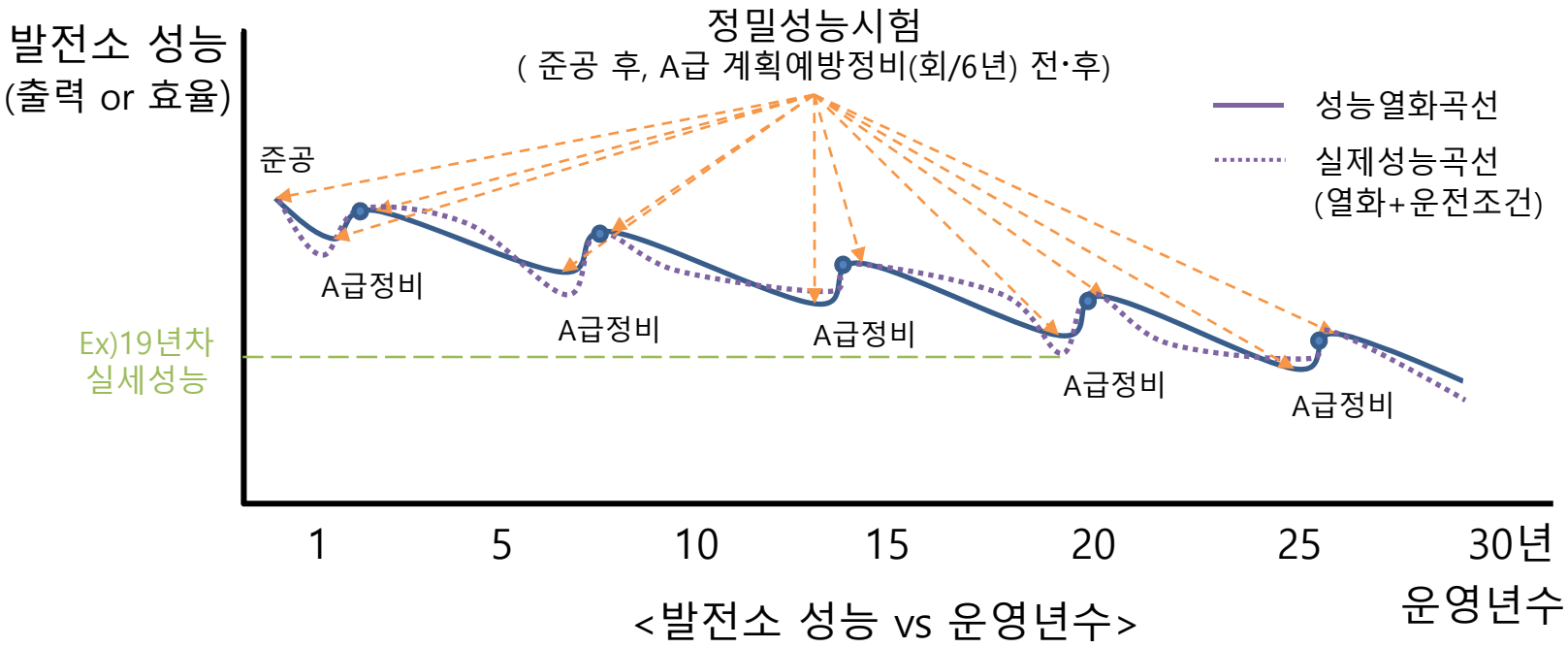
총 발열량 (kcal/kg)	총 수분	석탄 사용량 [A] (천톤Coal/년)	원소분석(%)						CO_2 배출계수 [B] (톤CO_2/톤Coal)	CO_2 배출량 [A×B] (천톤CO_2/년)
			C	H	N	O	S	Ash		
4,900	26%	12,381	68.9	5.1	1.2	16.1	0.8	7.9	1.87	23,153
5,200	23%	11,447	69.5	5.0	1.1	16.1	0.4	7.9	1.97	22,585
5,800	14%	9,857	69.0	4.3	1.6	9.5	0.5	15.1	2.17	21,350
6,100	11%	9,234	69.4	4.4	1.6	8.4	0.5	15.8	2.26	20,850
최대-최소		**3,147**							**- 0.39**	**2,303**

☞ 발열량 100kcal/kg 증가시 온실가스 배출량의 약 0.7% 감축

2. 화력발전소 운영효율 결정요소

[발전소 성능 변화]

√ **발전소의 설계수명은 일반적으로 30년이며, 수명기간동안 약 11회 정밀성능시험을 실시함(준공 후 1회, A급 계획예방정비(회/6년) 전 · 후 10회). 정밀성능시험을 통해 시험시점의 정확한 성능 열화분을 산출할 수 있음.**

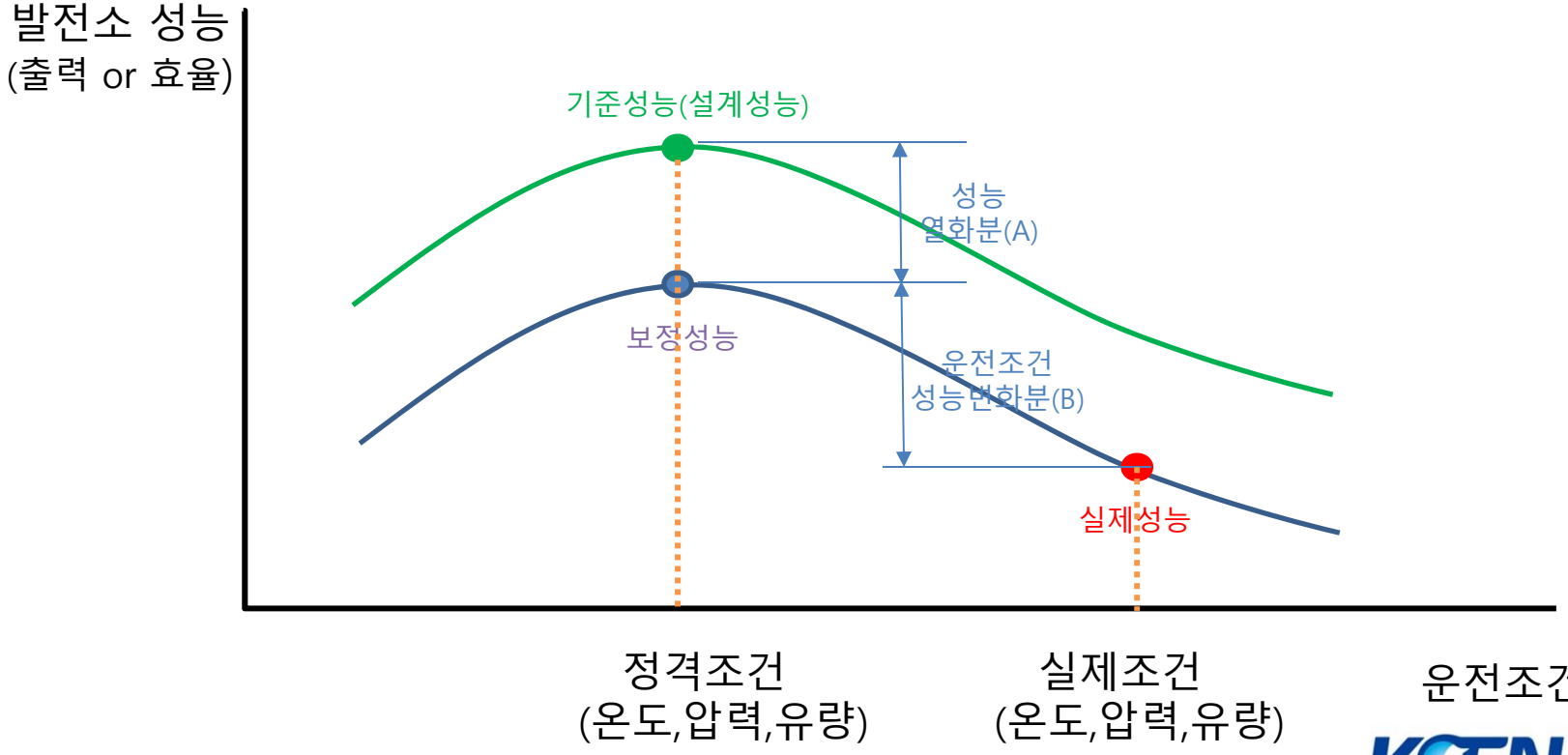


<발전소 성능 vs 운영년수>

2. 화력발전소 운영효율 결정요소

[발전소 성능 결정요소]

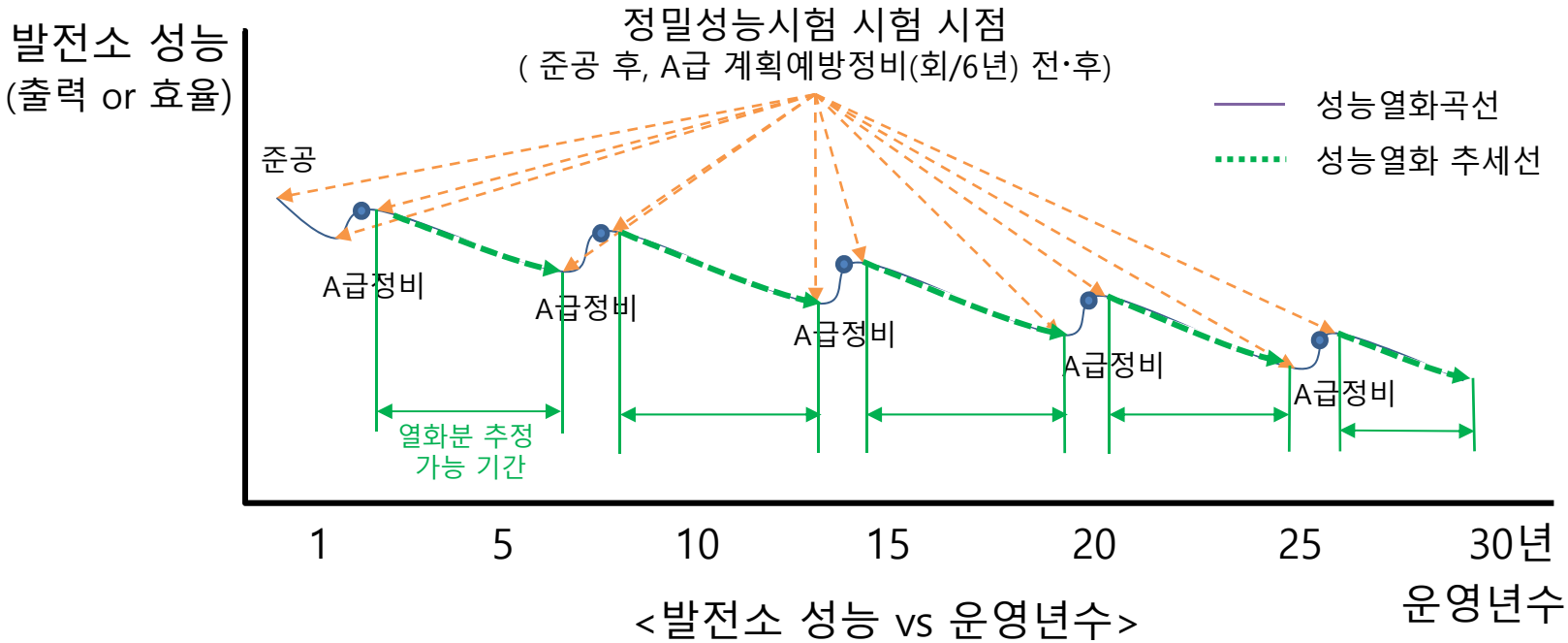
√ **발전소의 실시간 실제성능(출력, 효율)은 운전시간에 따른 열화분(A)+ 해당시점의 운전조건(연료성상, 주증기 온도 및 압력, 복수기 진공도 등)의 정격치와의 차이에 따른 성능변화분(B)의 합으로 표현됨.**



2. 화력발전소 운영효율 결정요소

[운전시간에 따른 성능열화분 추정]

√ **발전소의 A급 정밀성능시험은 30년 수명기간 동안 총 11회 실시함**
(최초 준공시 1회, A급 계획예방정비(2, 8, 14 ,20, 26년차) 전후 10회)
정밀성능시험(정밀급계측기 특설, 충분한 시험안정조건)을 통해 시험시점의 성능을 정확히 산출 가능(기준성능, 보정성능, 실제성능 모두 확인 가능)



<발전소 성능 vs 운영년수>

2. 화력발전소 운영효율 결정요소

[운전조건에 따른 성능변화분 추정]

√ 화력발전소 성능(출력, 효율)은 주요 구성기기(보일러, 터빈 등)의 실시간 운전조건에 따라 변화함. 각 운전조건의 정격치 대비 실제운전치 편차에 따른 성능변화곡선(보정곡선)은 기기별로 제작사가 제공함.

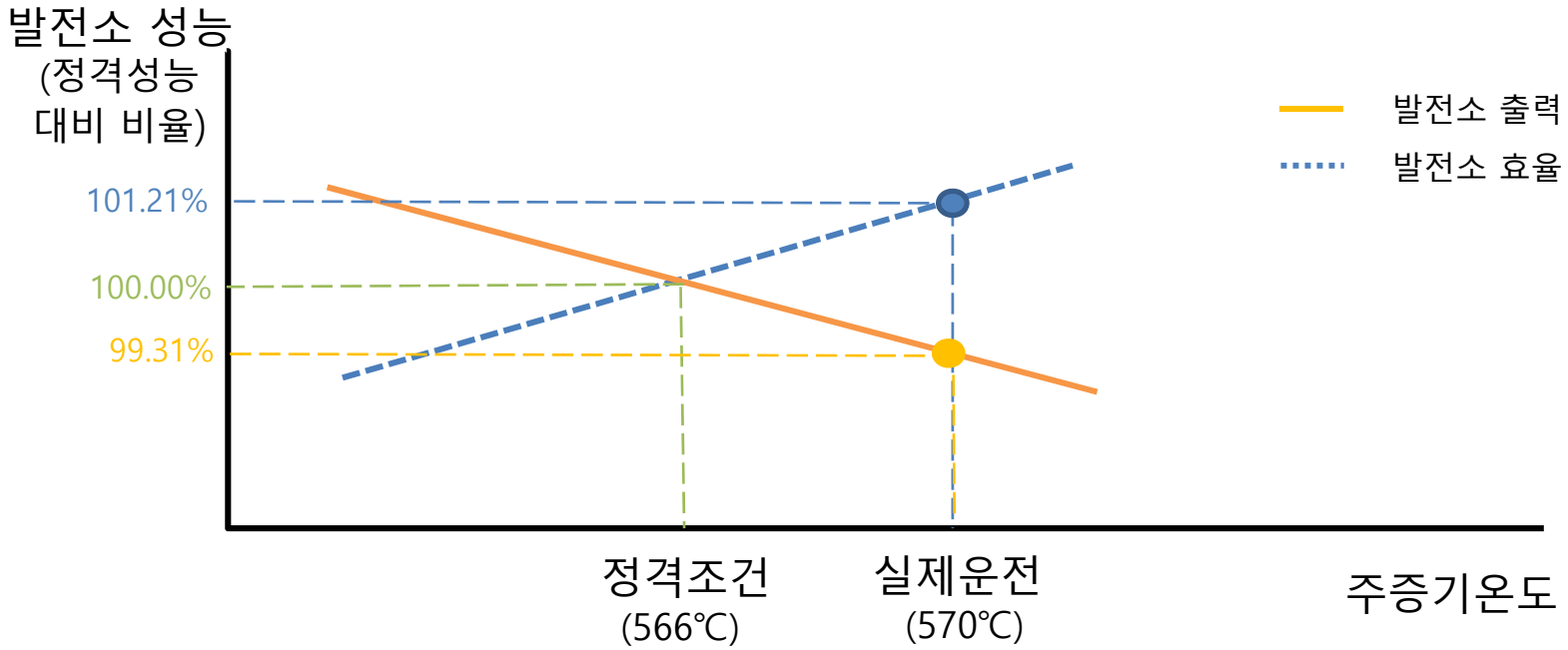
√ 주요 구성기기(보일러,터빈)의 성능을 결정하는 주요 운전조건은 아래와 같음.

구분	기기별 운전조건
보일러	연료성상(발열량,수분함량,수소함량), 대기상태(온도,습도) 배기가스 상태(온도,산소농도, CO농도), 회 중 미연분 농도
터빈	주증기 상태(온도, 압력), 재열증기 상태(온도, 압력) 복수기 진공도, 과열기 및 재열기 온도저감수 유량 최종급수온도, 보조증기 사용유량, 계통수 감소량, 발전기역률, 급수가열기 상태(배관압력강하, TTD, DCA)

2. 화력발전소 운영효율 결정요소

[운전조건에 따른 성능변화분 추정]

√ **이에 따라 각 운전조건의 정격치 대비 실제운전치의 차이에 따른 성능변화 곡선(보정곡선)을 활용하면 운전조건 별로 성능변화분을 산정할 수 있음. 이렇게 산출된 각 운전조건별 성능변화분을 종합 (곱셈or덧셈)하면 전체 운전조건에 따른 성능변화분을 산정할 수 있음.**



<보정곡선 예시> 주증기 온도 vs 터빈 성능

2. 화력발전소 운영효율 결정요소

[보일러 성능저하 요소(경험식)]

√ 보일러 성능저하 요인 : 배가스온도↑, 미연탄소분 및 CO농도↑, 연료 중 수분함량↑

항 목		변화 값	보일러 효율에 미치는 영향
Eco. 에서 급수온도 상승		+ 10~11 ℉ (5.6~6.1 ℃)	+ 1 %P (향상)
AH 연소용 공기온도 상승		+ 33 ℃	+ 1 %P (향상)
보일러 배가스온도 저하		- 22 ℃	+ 1 %P (향상)
Eco. 출구 O_2 % 증가		+ 1 %P	- 0.3 %P (저하)
Ash 중 미연탄소분 증가		+ 1 %P	- 0.12 %P (저하)
CO 농도 증가		+ 0.1 %P (1,000 ppm)	- 0.35 %P (저하)
석탄 성상 변화	발열량	- 100 kcal/kg	- 0.08 %P
	수분 (H_2O)	+ 1 %P	- 0.1 %P
	수소분 (H_2)	+ 1 %P	- 0.9 %P
	* HHV : 6080 kcal/kg (ARB), TM : 10% (ARB), H_2 : 4.3 % (DB)		

2. 화력발전소 운영효율 결정요소

[터빈 성능저하 요소(경험식)]

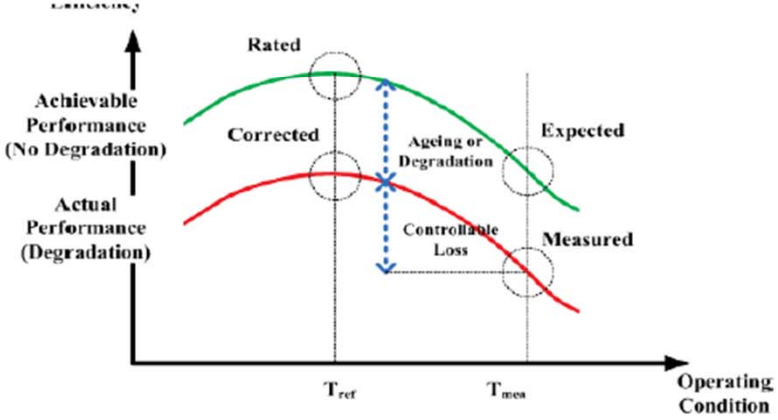
√ 터빈 성능저하 요인 : 증기온도 및 압력↓, 복수기 진공도↓, 터빈 내부효율↓

항 목		변화 값	터빈에 미치는 영향	
			Heat Rate	Load
증기누설 (복수기)	주증기, 증가	1 % (주증기량)	+ 0.83 %	- 0.94 %
	HP TBN 출구, 증가	1 % (주증기량)	+ 0.53 %	- 0.69 %
	IV 입구, 증가	1 % (주증기량)	+ 0.69 %	- 0.69 %
	X-Over, 증가	1 % (주증기량)	+ 0.44 %	- 0.44 %
Desuper -heating Flow	SH Spray (FW Pump), 증가	1 % (주증기량)	+ 0.02 %	+ 0.07 %
	SH Spray (Final FW), 증가	1 % (주증기량)	0 %	0 %
	RH Spray (FW Pump), 증가	1 % (주증기량)	+ 0.20 %	+ 0.59 %
보조증기 (BFPT)	RH 이후 추기, 증가	1 % (주증기량)	+ 0.50 %	- 0.50 %
	CRH 추기, 증가	1 % (주증기량)	+ 0.68 %	- 0.72 %
복수기	보충수량, 증가	1 % (주증기량)	+ 0.17 %	- 0.17 %
	진공도, 양호	1 in.Hg (3.39 kPa)	+ 2.5 %	- 2.5 %
	과냉(Subcooling), 증가	1 ℃	+ 0.01 %	- 0.01 %
급수	최고압/제2고압 급수가열기 비상 Drain (복수기)	50 % (Drain 유량)	+ 0.5 %	- 0.5 %
	TTD, 증가 : 최고압 가열기	5°F (2.8℃)	+ 0.1 %	+ 0.4 %

3. 화력발전소 효율저하원인 분석

[성능시험 및 성능관리]

구 분	정밀 성능시험	실시간 성능감시
목적	절대성능 확인	성능저하 검출
계측기 종류	정밀 성능시험용 계측기	이용 가능한 현장 모든 계측기
측정 요건	정밀성	반복성
시험 주기	1회성	수시 반복
시험 조건	정격부하, 계통 격리	평상 운전



3. 화력발전소 효율저하원인 분석

[주요 성능지표 관리]

√ 주요 성능지표의 설계치 대비 시험치의 편차 및 이에 따른 효율손실 관리

No	항 목	항 목	단위	OO1발전처						
				설계치	OO1호기			OO2호기		
					시험치 ('18.09.18)	차이 (운전-설계)	효율손실 (%)	시험치 ('19.02.28)	차이 (운전-설계)	효율손실 (%)
1	플랜트 효율 종합	발전단 출력	kW	814,245	798,934	-15,311	-	798,542	-15,703	-
2		발전단 효율(측정치)	%	43.34	40.03	-3.30	-7.6257	39.66	-3.68	-8.4963
3		발전단 효율(보정치)	%	43.34	41.28	-2.06	-4.7484	39.95	-3.39	-7.8302
3		소내전력량	kW	39,650	41,883	2,233	-	36,839	-2,811	-
4		소내소비율	%	4.87	5.24	0.37	-	4.61	-0.26	-
5		보일러 효율(측정치)	%	90.39	89.22	-1.17	-	89.34	-1.05	-
6		보일러 효율(보정치)	%	90.39	90.09	-0.30	-	90.41	0.02	-
7		터빈 효율(측정치)	%	48.26	46.12	-2.14	-	45.96	-2.30	-
8		터빈 효율(보정치)	%	48.26	47.05	-1.21	-	45.73	-2.53	-

3. 화력발전소 효율저하원인 분석

[보일러 성능지표 관리]

√ 보일러 성능지표의 설계치 대비 시험치의 편차 및 이에 따른 효율손실 관리

No	항 목	항 목	단위	OO1발전처						
				설계치	OO1호기			OO2호기		
					시험치 ('18.09.18)	차이 (운전-설계)	효율손실 (%)	시험치 ('19.02.28)	차이 (운전-설계)	효율손실 (%)
1	보일러 효율저하 요소	연료발열량(인수식) 저하	kcal/kg	6,020	5,771	-249	-0.1990	6,404	384	0.3068
2		연료중 총수분 증가	%	10.00	13.70	3.70	-0.3700	12.72	2.72	-0.2720
3		A/H Inlet O2 % 농도 증가	%	3.56	2.54	-1.02	0.3063	2.47	-1.09	0.3269
4		A/H 입구 CO농도 증가(평균)	ppm	0	517	517.40	-0.1811	1,232	1,232	-0.4310
5		미연탄소분농도 증가(평균)	%	3.07	4.20	1.13	-0.1357	1.95	-1.12	0.1342
6		A/H 출구 가스온도 증가	℃	142.91	143.20	0.30	-0.0090	142.06	-0.84	0.0255

3. 화력발전소 효율저하원인 분석

[터빈 성능지표 관리]

√ 터빈 성능지표의 설계치 대비 시험치의 편차 및 이에 따른 효율손실 관리

No	항 목	항 목	단위	OO1발전처						
				설계치	OO1호기			OO2호기		
					시험치 ('18.09.18)	차이 (운전-설계)	효율손실 (%)	시험치 ('19.02.28)	차이 (운전-설계)	효율손실 (%)
1	터빈 효율저하 요소	주증기압력 저하	kg/㎠	247.11	249.16	2.05	0.0239	249.34	2.23	0.0260
2		주증기온도 저하	℃	566.00	561.50	-4.50	-0.1524	564.17	-1.83	-0.0619
3		재열증기압력강하율 증가	%	9.00	8.11	-0.89	0.1149	7.22	-1.79	0.1788
4		재열증기온도 저하	℃	566.00	555.86	-10.14	-0.1591	552.54	-13.46	-0.2113
5		복수기 진공도 저하	㎜Hg	721.90	708.69	-13.21	-0.0574	728.74	6.74	0.5581
6		재열저감수량 증가	kg/h	0	16,873	16,873	-0.3382	2,564	2,564	-0.0514
7		불명손실유량 증가	kg/h	0	9,537	9,537	-0.3633	5,429	5,429	-0.1970
8		고압터빈 엔탈피강하효율 저하	%	88.56	84.67	-0.89	-0.2018	85.20	-3.19	-0.7383
9		중압터빈 엔탈피강하효율 저하	%	93.86	90.18	-3.69	-0.1408	92.00	-1.86	-0.3555
10		저압터빈 엔탈피강하효율 저하	%	92.77	92.19	-0.58	-0.3285	88.61	-4.12	-0.8296
11		재열터빈 엔탈피강하효율 저하	%	94.27	93.05	-1.22	-0.4694	91.23	-3.03	-1.1851
12		복수기 관청정도 저하	%	90.00	88.18	-1.82	-0.0301	64.42	-24.98	-0.4131
13		복수과냉각온도 증가		0.00	0.54	0.54	-0.0209	1.18	1.18	-0.0460
14		최종급수온도 저하		286.10	287.93	1.83	0.0404	286.01	-0.09	-0.0019

3. 화력발전소 효율저하원인 분석

[손실비용 합계]

√ 호기별 효율손실에 따른 손실비용 산정 및 관리

No	항 목	항 목	단위	OO1발전처						
				설계치	OO1호기			OO2호기		
					시험치 ('18.09.18)	차이 (운전-설계)	효율손실 (%)	시험치 ('19.02.28)	차이 (운전-설계)	효율손실 (%)
1	손실비용 합계	주요요소 효율저하 합계	%				-1.9590			-1.6837
2		연료비 손실	억원/년				51			44
3		온실가스 배출권 손실	억원/년				72			62
4		**손실비용 합계**	**억원/년**				**124**			**106**

4. 디지털 기술 활용 화력발전 성능관리

시스템 목적

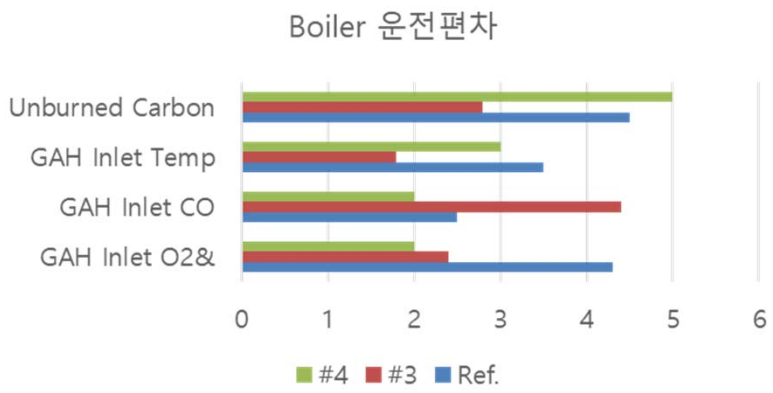
- 발전소의 효율적인 운전을 위한 주요 운전변수 감시 및 평가 시스템 도입
- 현장 운전원이 쉽게 이해할 수 있는 직관적인 정보 제공
- 전사적 확장성 및 접근성 제공 가능한 시스템

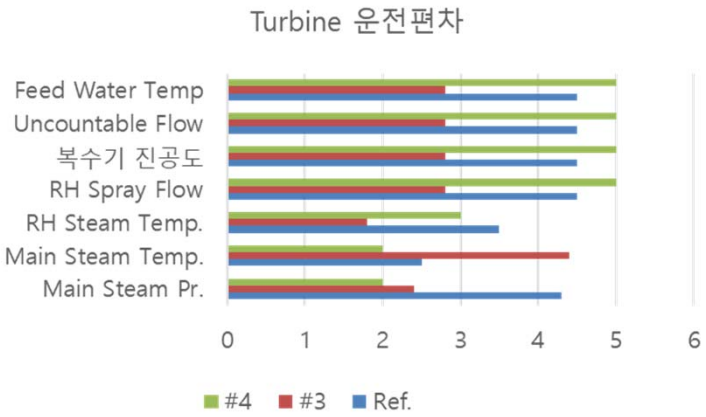
시스템 주요 기능

- 주요 운전변수에 대한 운전상황을 직관적으로 판단
  - ✓ 12개 주요운전 변수 선정
  - ✓ 주요운전변수 Reference Value 개발 및 Actual Value 조율 및 Data검증 기능
  - ✓ 주요운전변수 변동형태 인지 및 표현 기능 개발
- 운전평가를 위한 방안 마련
  - ✓ 하나의 변수에 대한 평가 및 다중 변수에 대한 평가 방안
- 전사 / 본부 / 호기별 운전상황 정보 제공
- 운전 평가 보고서 자동 생성

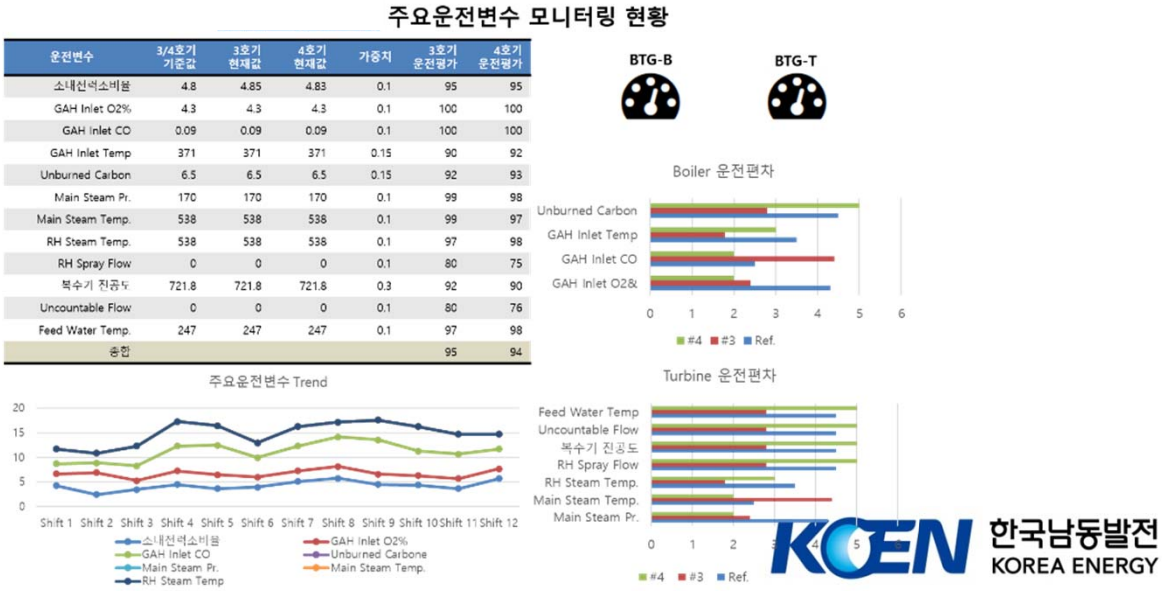
4. 디지털 기술 활용 화력발전 성능관리

- **Step 1**
  - **주요 운전 변수 선정 (BLR 4ea, TBN7ea)**





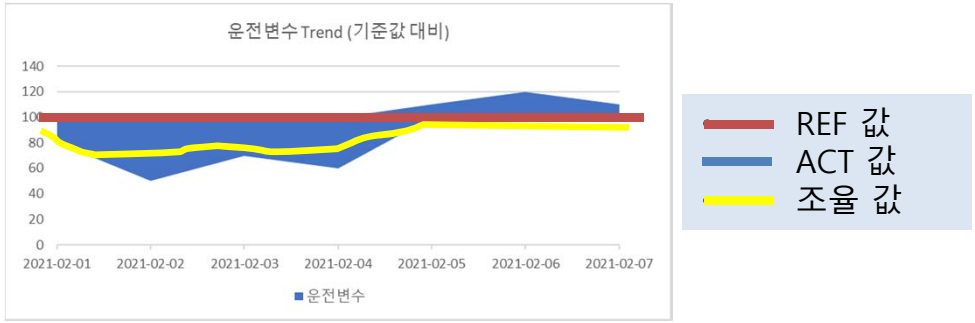
- **Step 2**
  - **주요 운전 변수 감시**
  - **대표화면을 통해 일상감시**
    - **BLR Part**
    - **TBN Part**



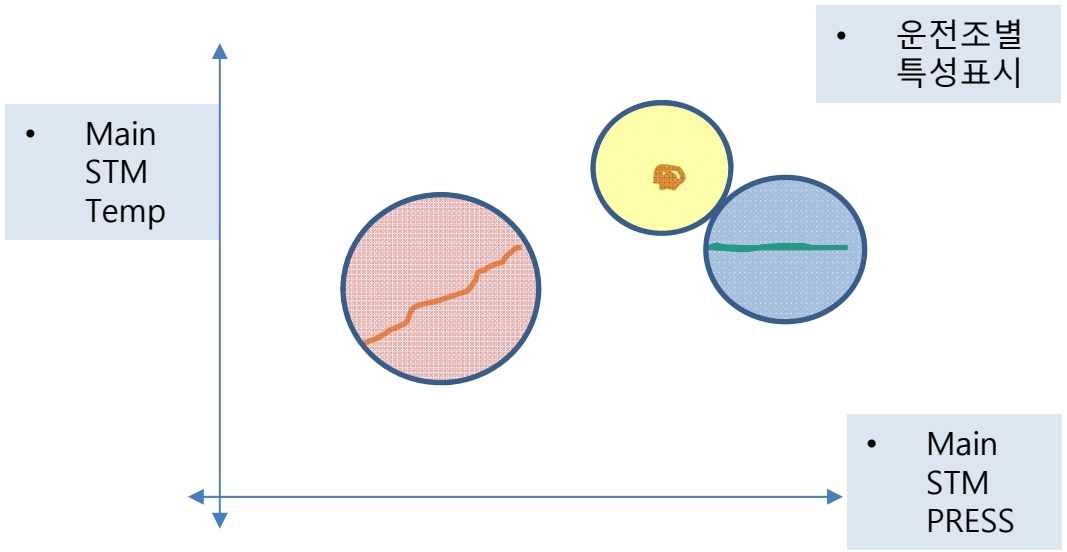
운전변수	3/4호기 기준값	3호기 현재값	4호기 현재값	가중치	3호기 운전평가	4호기 운전평가
소내전력소비율	4.8	4.85	4.83	0.1	95	95
GAH Inlet O2%	4.3	4.3	4.3	0.1	100	100
GAH Inlet CO	0.09	0.09	0.09	0.1	100	100
GAH Inlet Temp	371	371	371	0.15	90	92
Unburned Carbon	6.5	6.5	6.5	0.15	92	93
Main Steam Pr.	170	170	170	0.1	99	98
Main Steam Temp.	538	538	538	0.1	99	97
RH Steam Temp.	538	538	538	0.1	97	98
RH Spray Flow	0	0	0	0.1	80	75
복수기 진공도	721.8	721.8	721.8	0.3	92	90
Uncountable Flow	0	0	0	0.1	80	76
Feed Water Temp.	247	247	247	0.1	97	98
종합					95	94

4. 디지털 기술 활용 화력발전 성능관리

- **Step 3**
  - **운전변수별 운전 형태 표시**
    - **운전시간동안 REF 대비 실제운전 ACT값**
    - **조율된 ACT값(추가적으로 표시)**



  - **운전변수별 Trend**
    - **메인스팀 Temp / Press 경우**
      2개의 축으로 Trend 표시

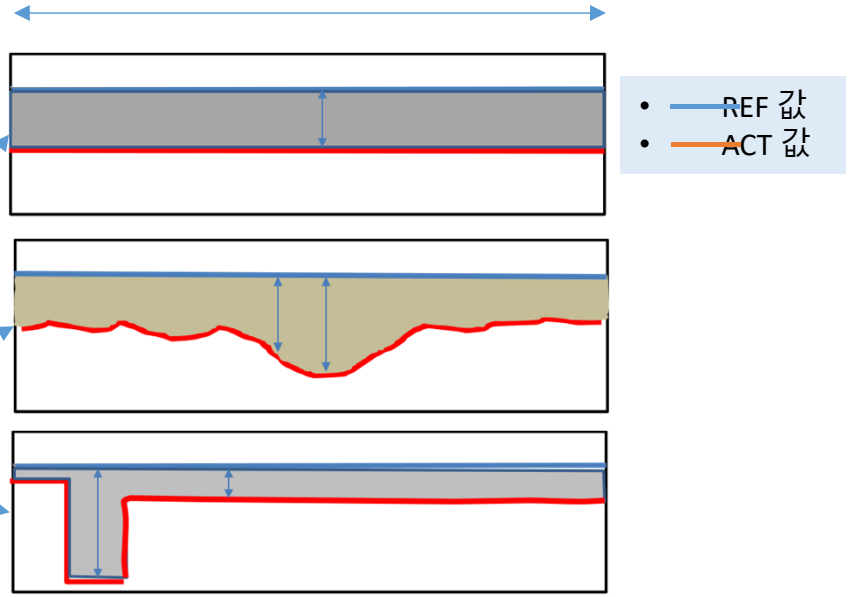


4. 디지털 기술 활용 화력발전 성능관리

- **Step 4**
  - **운전변수별 운전 점수화**

    - 운전시간동안 REF 대비 실제운전 ACT값의 차이를 자동으로 점수화

    (실제운전값의 변동형태에 따른 지수화)



- **Step 5**
  - **각 운전변수별 점수화**
  - **각 운전별수별 손실금액 표시(실시간, 운전Sheet별 누적)**
  - **운전변수별 점수 가중치를 계산한 전체 운전 점수 표시**

    - 각 운전변수별 가중치 선정 부여됨

    - 특정운전변수를 REF값에 근접하게 하기위해 각 운전원이 발전소의 운전을 변경 시 특정운전변수 외에 다른 운전변수가 변경되는 경우에 종합적으로 점수를 반영하여 최종적으로 효율적인 운전형태 또는 운전방식을 선정하는데 도움

4. 디지털 기술 활용 화력발전 성능관리

- **Step 6**
  - **전체 발전소별 운전 점수 표시**
  - **가중치 반영된 점수 표시**
  - **실제 운전값 표시**
  - **손실금액 표시**
  - **전체 발전소 순위 자동 표시**

- 실제운전값표시 예
- 운전점수값표시 예

운전변수	삼천포 3	삼천포4	영흥 5	영흥 6	영흥1	영흥2
소내전력소비율	4.8	4.85	4.83	98	95	95
GAH Inlet O2%	4.3	4.3	4.3	96	100	100
GAH Inlet CO	0.09	0.09	0.09	100	100	100
GAH Inlet Temp	371	371	371	89	90	92
Unburned Carbon	6.5	6.5	6.5	99	92	93
Main Steam Pr.	170	170	170	99	99	98
Main Steam Temp.	538	538	538	90	99	97
RH Steam Temp.	538	538	538	88	97	98
RH Spray Flow	0	0	0	98	80	75
복수기 진공도	721.8	721.8	721.8	88	92	90
Uncountable Flow	0	0	0	99	80	76
Feed Water Temp.	247	247	247	99	97	98
종합				95	95	94

4. 디지털 기술 활용 화력발전 성능관리

- **Step 7**
  - **운전 Sheet별 Report**
  - **호기별 Report**
  - **관리자 Comment**
  - **전일/전월비교**
  - **운전개선사항파악**

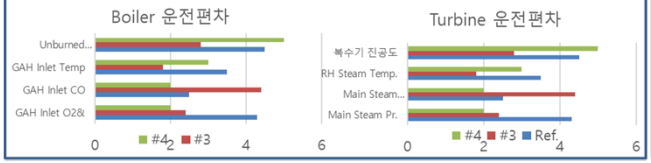
삼천포 3호기 주요운전지표 Shift 평가 보고서

(2021/2/15 Day Shift)

운전변수	3호기 기준값	3호기 현재값	편차	가중치	운전평가	D-1 운전평가	M-1 운전평가
소내전력소비율	4.8	6.0	1.2	0.1	95	95	98
GAH Inlet O2%	4.3	4.3	0	0.1	100	100	99
GAH Inlet CO	0.09	0.09	0	0.1	100	100	99
GAH Inlet Temp	371	373	2	0.15	90	92	92
Unburned Carbon	6.5	6.5	0	0.15	100	93	93
Main Steam Pr.	170	170	0	0.1	99	98	98
Main Steam Temp.	538	532	6	0.1	95	98	99
RH Steam Temp.	538	538	0	0.1	97	98	98
RH Spray Flow	0	10	10	0.1	80	75	87
복수기 진공도	721.8	711.8	10	0.3	92	90	90
Uncountable Flow	0	5	5	0.1	90	76	76
Feed Water Temp.	247	245	-2	0.1	97	98	98
종합					95	94	96

Management Comment

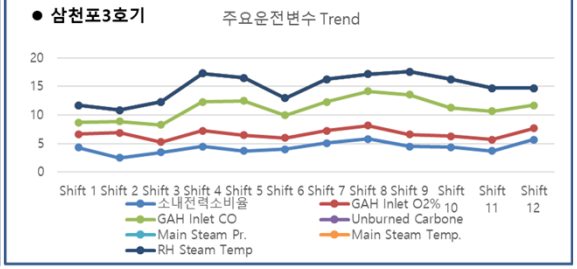
- 3호기 복수기 진공도가 낮음, 설계 기준값에 따라 운전 필요
- 주증기 온도가 전일에 비해 낮아 운전평가가 낮게 산정됨 ...



삼천포화력본부 주요운전지표 운전평가 보고서

2021. 2. 15

운전변수	목표대비 운전평가			
	3호기	4호기	5호기	6호기
소내전력소비율	95	95	95	95
GAH Inlet O2%	100	100	100	100
GAH Inlet CO	100	100	100	100
GAH Inlet Temp	90	92	90	92
Unburned Carbon	92	93	92	93
Main Steam Pr.	99	98	99	98
Main Steam Temp.	99	97	99	97
RH Steam Temp.	97	98	97	98
RH Spray Flow	80	75	80	75
복수기 진공도	92	90	92	90
Uncountable Flow	80	76	80	76
Feed Water Temp.	97	98	97	98
종합	95	94	95	94



4. 디지털 기술 활용 화력발전 성능관리

Clean & Smart Energy Leader

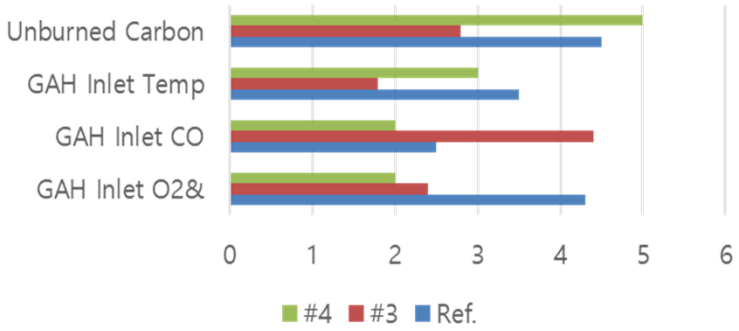
KOEN

운전변수	3/4호기 기준값	3호기 현재값	4호기 현재값	가중치	3호기 운전평가	4호기 운전평가
소내전력소비율	4.8	4.85	4.83	0.1	95	95
GAH Inlet O2%	4.3	4.3	4.3	0.1	100	100
GAH Inlet CO	0.09	0.09	0.09	0.1	100	100
GAH Inlet Temp	371	371	371	0.15	90	92
Unburned Carbon	6.5	6.5	6.5	0.15	92	93
Main Steam Pr.	170	170	170	0.1	99	98
Main Steam Temp.	538	538	538	0.1	99	97
RH Steam Temp.	538	538	538	0.1	97	98
RH Spray Flow	0	0	0	0.1	80	75
복수기 진공도	721.8	721.8	721.8	0.3	92	90
Uncountable Flow	0	0	0	0.1	80	76
Feed Water Temp.	247	247	247	0.1	97	98
종합					95	94

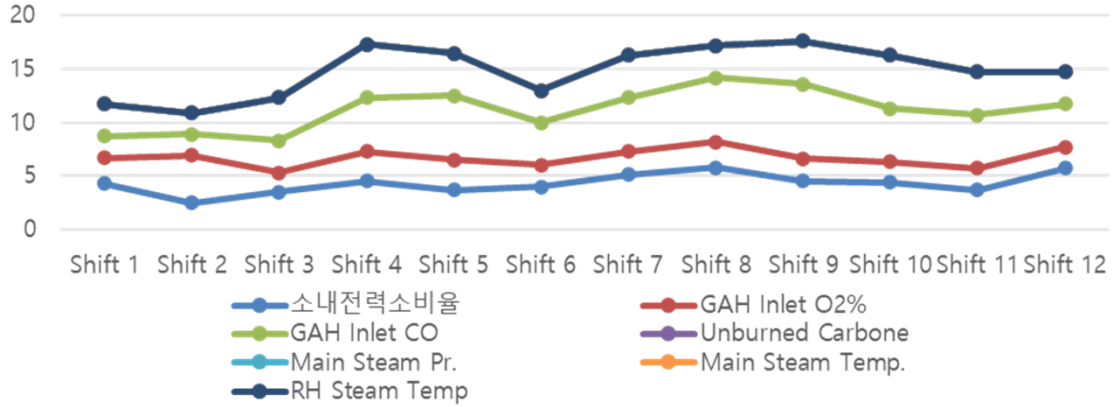
BTG-B

BTG-T

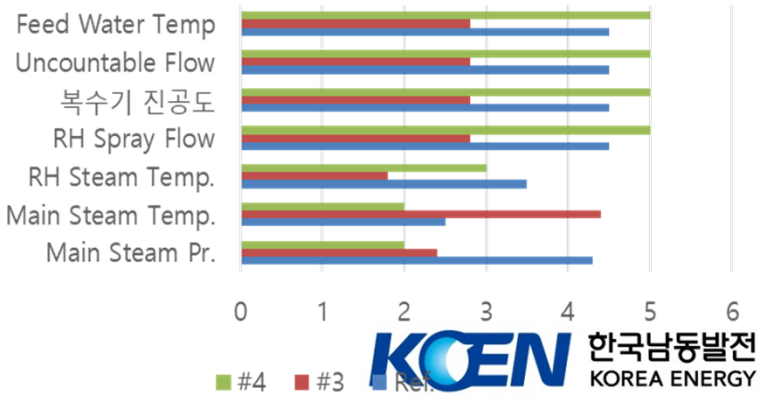
Boiler 운전편차



주요운전변수 Trend



Turbine 운전편차



KOEN 한국남동발전 KOREA ENERGY

4. 디지털 기술 활용 화력

- 호기별 운전결과 상세 보고서 생성
- 전문가 및 관리자 Comment 추가
- 전일/전월과 비교하여 운전 개선사항 파악

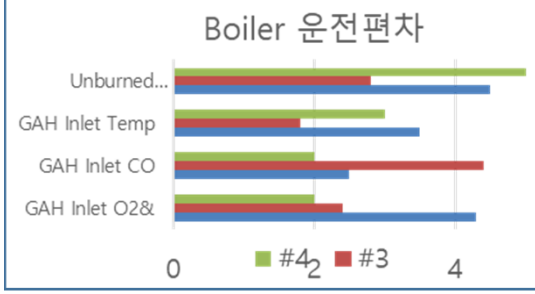
OO화력 3호기 주요운전지표 Shift 평가 보고서

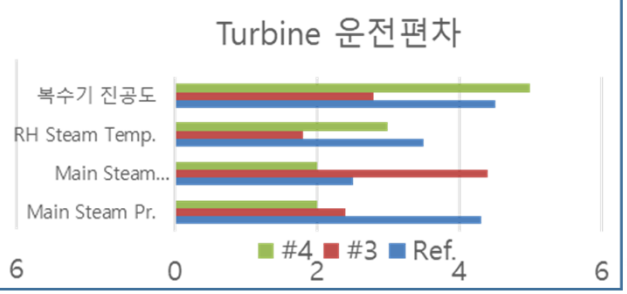
(2021/2/15 Day Shift)

운전변수	3호기 기준값	3호기 현재값	편차	가중치	운전평가	D-1 운전평가	M-1 운전평가
소내전력소비율	4.8	6.0	1.2	0.1	95	95	98
GAH Inlet O2%	4.3	4.3	0	0.1	100	100	99
GAH Inlet CO	0.09	0.09	0	0.1	100	100	99
GAH Inlet Temp	371	373	2	0.15	90	92	92
Unburned Carbon	6.5	6.5	0	0.15	100	93	93
Main Steam Pr.	170	170	0	0.1	99	98	98
Main Steam Temp.	538	532	6	0.1	95	98	99
RH Steam Temp.	538	538	0	0.1	97	98	98
RH Spray Flow	0	10	10	0.1	80	75	87
복수기 진공도	721.8	711.8	10	0.3	92	90	90
Uncountable Flow	0	5	5	0.1	90	76	76
Feed Water Temp.	247	245	-2	0.1	97	98	98
종합					95	94	96

Management Comment

- 3호기 복수기 진공도가 낮음, 설계 기준값에 따라 운전 필요
- 주증기 온도가 전일에 비해 낮아 운전평가가 낮게 산정됨 …

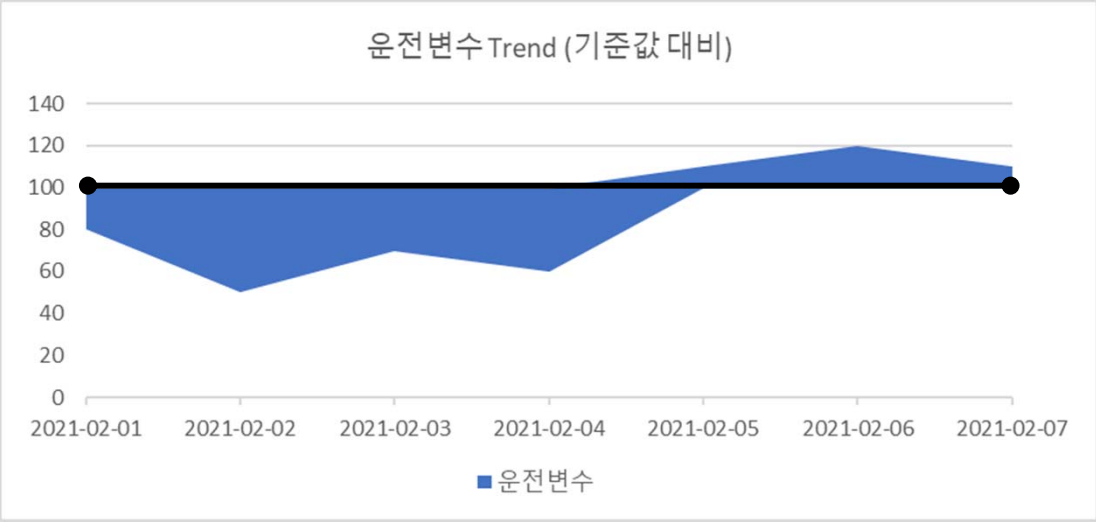




4. 디지털 기술 활용 화력발전 성능관리

1) 운전변수 평가

- 기준값과 운전결과의 차이에 대한 평가



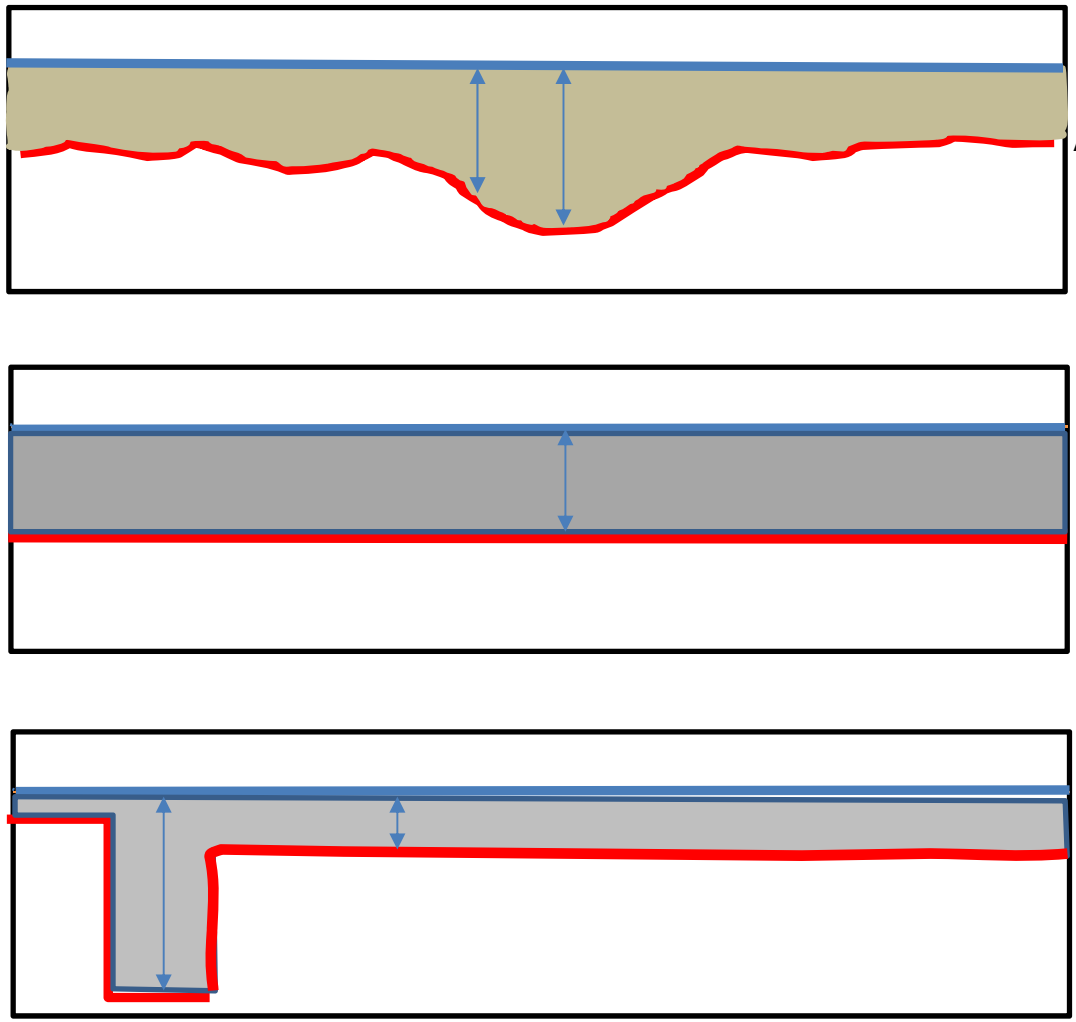
평가 요소
- 기준값 대비 차이값
- 편차 지속시간
- 변동 형태

변동형태
- 변동형태 인식
- 변동형태 표현

4. 디지털 기술 활용 화력발전 성능관리

1) 운전변수 평가

- 기준값과 운전결과의 차이에 대한 평가



평가 요소

- **운전시간동안 레퍼런스값과 실제운전값과의 차이를 가중치를 자동으로 산정하여 점수화**
- **EX) Average 값과 달리 최대값, 최소값, 또는 급격한 Value의 변화 반영 (변동 형태 자동인식 및 표현)**
- **왼쪽의 회색구간의 면적이 동일한 경우 운전패턴에 따라 가중치 자동계산**

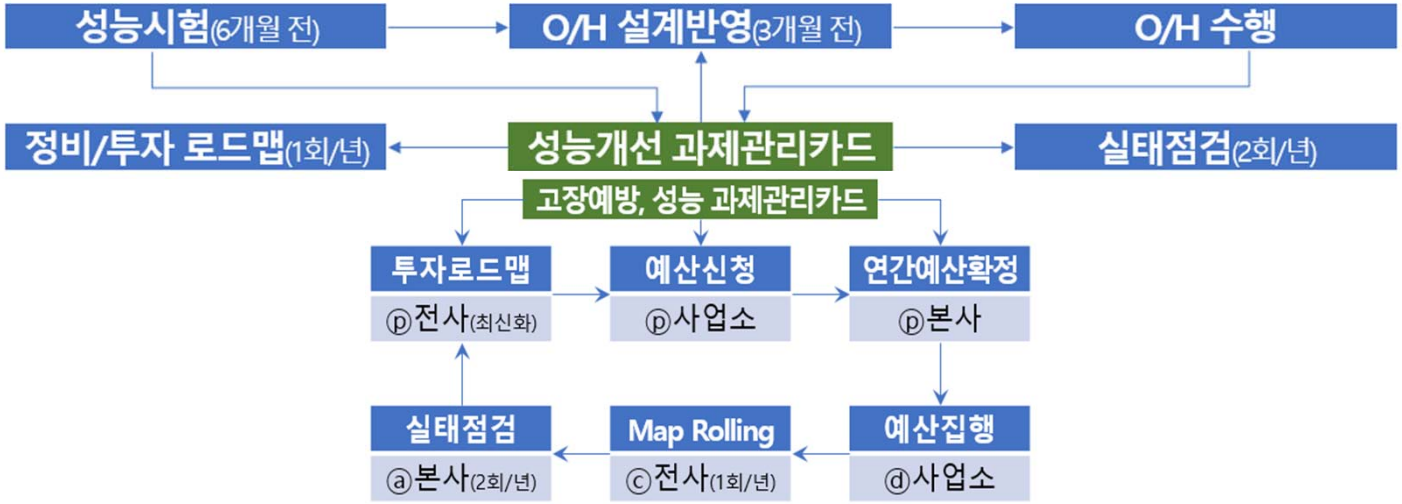
4. 디지털 기술 활용 화력발전 성능관리

2) 운전변수간 가중치 설정

- 운전변수별 **Heat Rate에 미치는 영향도(보정곡선) 활용 가중치 설정**
- 여러 개의 운전변수에 대해 조정 필요시 가중치 기반으로 영향도 큰 것부터 조정
- 다중 운전변수에 대한 종합 평가지수 산정
- 플랜트 정지 및 부분부하에 대한 적합한 가중치 산정

5. 결론

▣ 성능관리 절차개선



▣ 디지털 성능관리시스템 개발 및 운영

100점 - (설계치 주증기 온도 540℃ : - 운전치 주증기 온도 538℃ :) x 운전시간 5.0hr : x 가중치 0.2 :

운전변수	주증기온도	주증기압력	재열증기온도	RH Spray	복수기진공도	A/H가스온도
가중치	0.1	0.05	0.1	0.1	0.15	0.1
운전변수	미연탄소분	소내전력	과잉공기량	CO	불분명유량	최종급수온도
가중치	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

감사합니다!