



국내 최상가용기법(BAT) 적용확대를 위한 폐기물에너지화 기술현황 및 전망

2014. 5. 15.

윤 용 승

(사)한국폐자원에너지기술협의회, 회장
고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부, 본부장
<http://pec.iae.re.kr>

BAT(Best Available Techniques)의 정의

“최적실용가능기술(BAT)” 정의 : 경제성을 담보하면서 오염물질 배출을 최소화할 수 있는 우수 기술군(群) 및 운영방법

“활동의 발달과 운영 방법에 대하여 일반적으로 배출과 환경 전반에 대한 영향을 저감하고, 저감이 어려운 경우에는 해당 배출과 환경에 대한 영향을 방지하기 위해 설계된 배출한계치에 대한 원칙적인 기준을 제시하기 위해 특정 기술들의 실제적인 적합성을 나타내는 가장 효과적인 첨단 단계” (most effective and advanced stage in the development of an activity and its methods of operation, which indicate the practical suitability of particular techniques for providing, in principle, the basis for emission limit values designed to prevent or eliminate or, where that is not practicable, generally to reduce an emission and its impact on the environment as a whole)

“최적(best)” : 환경 전반에 대한 높으면서도 일반적인 보호 수준을 달성하는 데 가장 효과적이라는 것을 의미 (the most effective in achieving a high general level of protection of the environment as a whole)

“실용가능(available)” 기술 : 관련 산업 부문에서 경제 및 기술적으로 가능한 조건에서 실행될 수 있는 규모로 개발된 것들이며, 해당 기술이 사용되었는가의 여부 또는 관련 회원국 내부에서 생산되었는가에 관계없이 운영자가 합리적으로 접근할 수 있는 범위 안에서 **비용** 및 이점을 고려 (those techniques developed on a scale which allows implementation in the relevant class of activity under economically and technically viable conditions, taking into consideration the costs and advantages)

“기술(techniques)”에는 사용되는 기술과 시설이 설계, 건설, 유지 관리, 운영 및 폐기되는 방법이 모두 포함 (both the technology used and the way in which the installation is designed, built, managed, maintained, operated and decommissioned)

유럽연합 경우, BAT 선정시 고려 사항

- (i) the use of low-waste technology,
- (ii) the use of less hazardous substances,
- (iii) the furthering of recovery and recycling of substances generated and used in the process and of waste, where appropriate,
- (iv) comparable processes, facilities or methods of operation, which have been tried with success on an industrial scale,
- (v) technological advances and changes in scientific knowledge and understanding,
- (vi) the nature, effects and volume of the emissions concerned,
- (vii) the commissioning dates for new or existing activities,
- (viii) the length of time needed to introduce the best available techniques,
- (ix) the consumption and nature of raw materials (including water) used in the process and their energy efficiency,
- (x) the need to prevent or reduce to a minimum the overall impact of the emissions on the environment and the risks to it,
- (xi) the need to prevent accidents and to minimize the consequences for the environment, and
- (xii) the information published by the Commission of the European Communities pursuant to any exchange of information between Member States and the industries concerned on best available techniques, associated monitoring, and developments in them, or by international organizations, and such other matters as may be prescribed.

BAT 국내 적용 방향 및 취지

●(환경부 보도자료, 2013/01/22)

- 업종별로 산업체 등 이해관계자가 참여하는 기술작업반 등에서 최상가용기법을 선정, 이에 대한 세부 기준서를 작성할 계획. 이를 통해 사업자에게는 우수한 환경관리기술을 공유·적용토록 하고, 허가담당 공무원에게는 기술에 기반한 과학적인 허가 및 관리를 도모
- 그 동안 배출시설에 획일적으로 적용되었던 배출허용기준을 개선하여 업종별·사업장별 특성과 최상가용기법 적용 등을 감안한 맞춤형 배출기준으로 전환
- 과학기술의 진보를 반영하는 개방형 환경규제체계로 전환하여 효율적인 환경개선 담보, 산업경쟁력 강화
- 2016년 통합환경관리제도 시행을 준비하기 위하여 업종별 최상가용기법 기준서 마련, 온라인 통합허가 및 최상가용기법 등 기술정보 공유를 위한 환경기술정보시스템 구축 등 관련 인프라를 차질 없이 구축
- 최상가용기법 적용 : 2개 업종('16): 발전, 소각 → 3개 업종('17) → 4개 업종('18) → 5개 업종('19) → 6개 업종('20)

< 基 本 原 則 >

기술혁신

최상가용기법* 적용으로 환경개선·생산성제고

산업협업

산업체 참여, 전문가, 정부와 함께 규제수준 설계

현장맞춤

업종특성 반영, 합리적·과학적 관리체계 구축

BAT의 적용시 나타날 업무 내용

■ 인허가시 BAT적용을 통한 모든 적절한 방지수단 적용

- the obligation to ensure a high level of environmental protection
- the licensee must demonstrate to the satisfaction of the Agency, during the licensing process, that the installation/facility will be operated in such a way that all the appropriate preventative measures are taken against pollution through the application of BAT and justify the application of other than the most stringent ELV in the range.

■ BAT에 따른 주기적 시설 개선

- 시설개선에 따른 비용을 기술혁신에 따른 편익으로 상쇄 (환경부 2014/01/22 보도 자료 중)

■ 에너지효율, 잔재물 처리, 환경기준 대응

- BAT-Standards especially for energy efficiency, treatment of residues (e.g. recovery of metals and phosphorus from ashes and slag) and new emission standards (e.g. nitrogen oxides and mercury)

BAT의 목적과 국내 도입에 따른 이슈

- BAT emphasis is placed on pollution prevention techniques rather than end-of-pipe treatment.
- Identifying potentials for the existing installations, Showing better technical alternatives to improve the overall performance.
- BAT에 대한 Technical Working Group에서 BREF (Best Available Techniques Reference Documents, 최상가용기법 기준서) 작성

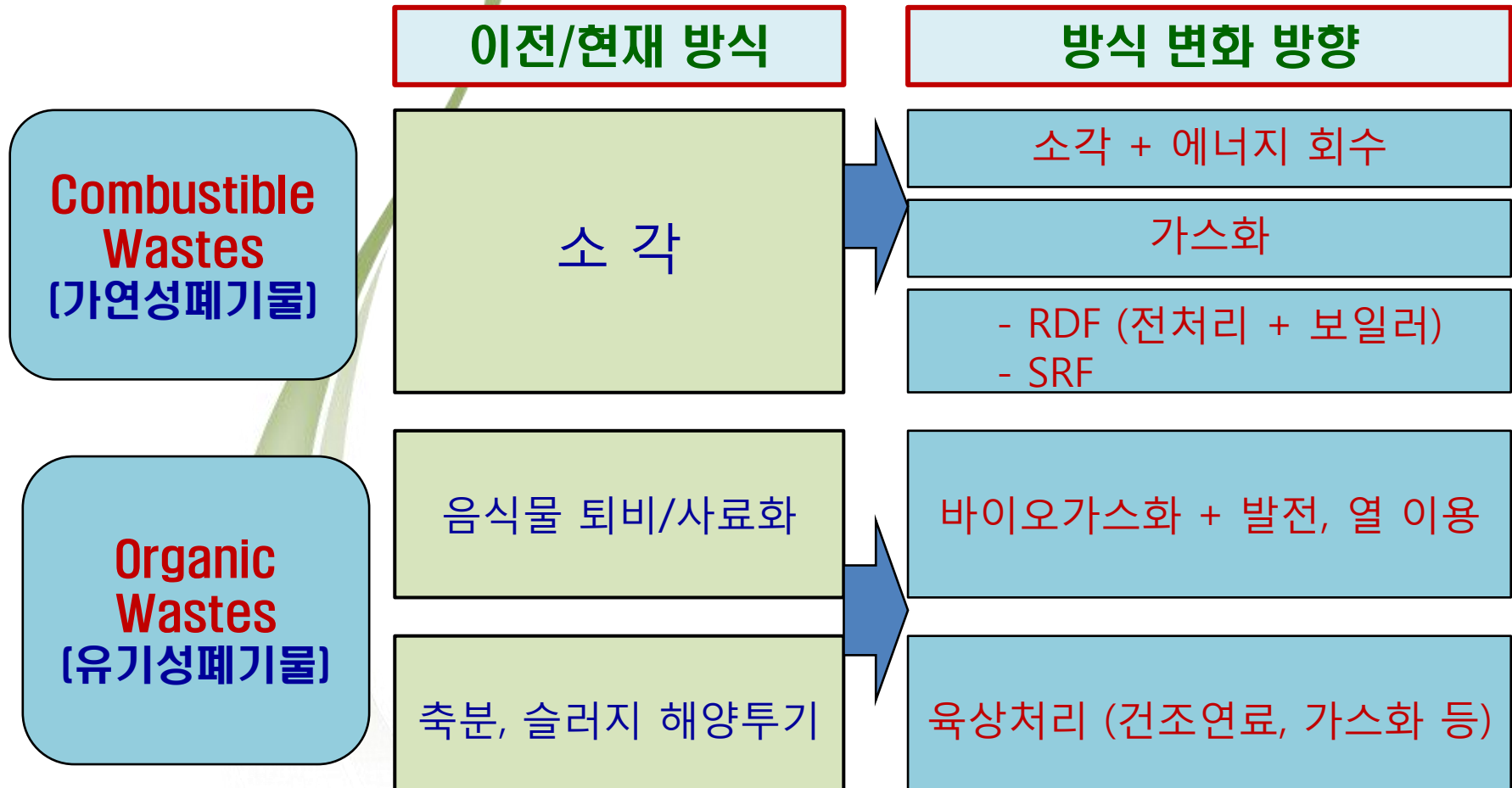
- 너무 이상적? 시기 상조? 너무 고비용 수반? 결과적으로 옥상옥 환경규제 도입?
- 폐기물에너지화산업이 더 어렵게 되는 시발점? 해외기술 전시장 전략?
- BAT 도입시 국내 기술이 더 활발히 적용될 가능성?

유럽의 체계적 추진으로 볼 때, 부작용과 시행오차는 있을지라도 큰 방향은 맞고 이미 세계 추세화될 조짐

- 폐기물분야 해외기술 도입과 국내 개발기술 적용 때 너무 많은 시행오차가 발생 → BAT 국내 적용에 따른 문제점 조기 파악과 대응이 필요
- EU 현황과 다른 국내 상황(기술 열세, 세계시장 경쟁기술 부족에 따른 해외기술 도입 위주, 국내 폐기물 특성 등) 파악 → 한국형 BAT 형식과 내용 필요

폐기물에너지화 기술 추세

- 지역, 환경조건별 어떤 방식이 국내 상황에서 환경오염 최소화하면서, 환경/경제/사회적 측면 가장 유리한가?
- **BAT** → 현재 가용한 기술별 사장 사례, 기술적 특징, 비용 등 객관적 자료 제공
→ 잘 운영되면, 사회적 합의와 비용 절감 기능



최적시스템 제시 예 : 열분해/가스화 플랜트 에너지회수 향상 방안

	기존 가스화용융 시스템	최적 가스화용융 시스템
처리 규모	600 톤/일	
시스템 구성	유동상 가스화용융 시스템	유동상 가스화용융 시스템 + 탈염소화 기술 + 저온 탈질 기술
증기조건	400℃ × 40 ata	500℃ × 100 ata
탈질장치 입구온도	210℃ (기존형 탈질장치)	170℃ (저온형 탈질장치)
복수기 형식	공냉 복수기 (배압 0.2ata)	수냉 복수기 (배압 0.05ata)
효율	22%(발전단), 16%(송전단)	30%(발전단), 26%(송전단)
쓰레기 처리단가	10,300엔/톤	9,350엔/톤

➔ 시설비용은 투입되나, 처리단가 저렴해지면서도 에너지회수 효율도 증가 효과

출처 : Ogawa Kiichiro, "선진형 폐기물 발전 기술개발의 현황과 과제", 에너지 종합공학, 25(1), 2002.

BREF 포함 내용: 국내 경우, 유지보수/기술진단 자료 공유 중요

음식물류폐기물처리시설 : 대부분 무분별하게 시설이 조기 폐쇄되는 대표적 분야

- 소각시설 외 처리시설의 수명 15년으로 규정 → 실제로는 10년으로 대부분 사용
- 5년 수명 연장이 가능할 수 있는 영역

○ 부천 음식물류폐기물처리시설 (240톤/일급)

- 1호기(2000.10.13.), 2,3호기(2006.5.11.) 가동

완벽한 처리공정 및 시스템을 갖추지 못한 단순 파쇄 및 탈수 등의 전처리 설비 → 완벽한 최종 생산품 위한 정상적인 시스템 구축 필요

○ 기술진단 결과 :

- 악취제거시설의 작동상태, 일부컨베이어 상부커버 측 밀폐유지 불량 → 악취 확산 → 배출구 농도 최고 13배 기준 초과
- 2호기 탈수시설 후단 수분함량 78%로 기준(75%) 초과.
- 반입폐기물 지속 증가로 처리용량 대비 연간 가동율 120~141%로 과부하 운전 중
- 축봉장치 기밀유지 불량으로 음식물이 틈새로 유출, 구동장치 노후로 부식 진행 및 효율 저하, 저장조 본체와 컨베이어 연결부위 부식으로 인한 핀홀 발생



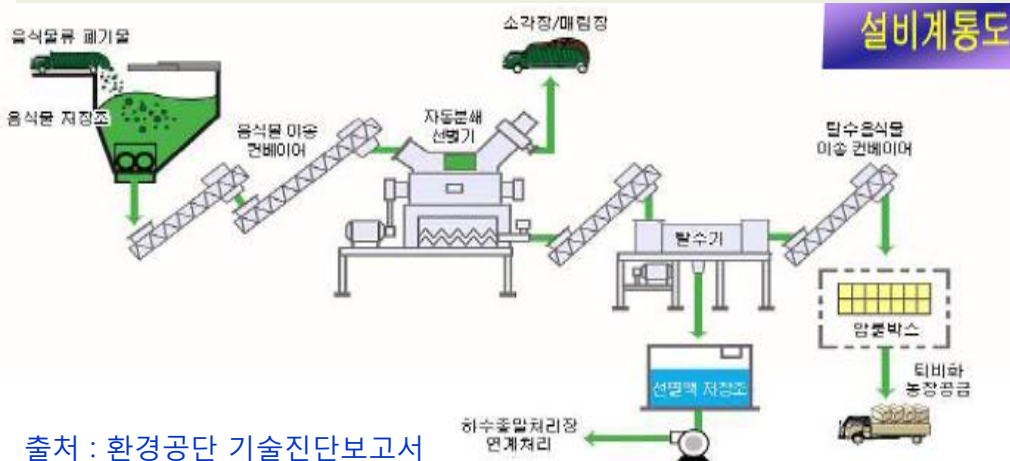
내부 상태 양호
(Cutter 점검)



1호기 구동벨트 안전커버 탈락



3호기 축봉부 밀폐불량



BREF 포함 내용: 국내 경우, 기존 검사/진단 자료와 연계,공유 중요

	한 국		일 본		
검사 종류	기술진단	정기검사	정밀기능검사 (한국 : 기술진단)	한국 : 정기검사	
				기능검사	정기검사
목적	고장예방, 시설개선, 사용연한 증대	설치기준 및 관리기준에 적합하게 유지, 관리	기능 보전, 수명연장	적정한 유지관리	설치당시의 구조기준 만족여부 검사
주기	6년	3년	3년	1년	5년 3개월 이내
분석기관	환경공단 등	환경공단, 기계연, 산업기술시험원 등	지자체 검사기관 및 능력을 소유하는 기타 검사 기관		지자체

	한 국				일 본		
검사 종류	설치검사 대상	정기검사 대상	기술진단 대상	자가측정 대상	정밀기능검사 (한국: 기술진단)	기능검사 대상	정기검사 대상
대상 시설	소각시설	소각시설	소각시설(소각열 회수시설)	소각시설	쓰레기 처리시설	쓰레기 처리시설	일반폐기물 소각시설(시정촌 설치 소각시설 제외)
	매립시설	매립시설	매립시설(매립가스자원화시설, 농어촌폐기물종합시설 포함)	시멘트 소성로 등	분뇨처리 시설 등의 일반 폐기물처리 시설	분뇨처리 시설 등의 일반 폐기물처리 시설	일반폐기물 최종처분장(시정촌 설치 최종처분장 제외)
	열균분쇄시설	열균분쇄시설	음식물류 폐기물 처리시설	1-5종 배출구			산업폐기물 소각시설
	음식물류 폐기물 처리시설	음식물류 폐기물 처리시설	RDF 제조시설				폐석면 용융시설
	시멘트 소성로	시멘트 소성로	유기성폐자원 바이오가스 시설				폐폴리염화피페닐 등 또는 폴리염 화비페닐 처리물의 분해시설, 동 오염물의 세정시설, 분리시설
	소각열회수시설	소각열회수시설	공공재활용기반시설				산업폐기물 최종처분장
							정지 중의 폐기물처리시설 및 매 립처분이 종료한 최종처분장도 정기 검사 대상이나 폐소법의 인정을 받은 폐기물처리시설에 대해서는 정기검사 대상에서 제외

A decorative green leaf is positioned on the left side of the slide, with a horizontal green line extending from its top edge across the top of the slide. The text is centered within a light blue rectangular box.

폐기물에너지화 분야 주요 이슈와 BAT 연계

폐기물에너지화 분야에서 주요 이슈

■ Issues in WTE :

- ✓ 소각시설 발생 스팀 활용 전기생산 고효율화 (Generation of good quality steam for higher electricity generation efficiency)
- ✓ 해외기술 도입 건설 운영시 국내폐기물 성상 차이로 인한 적용성 차이 (Adaptability of technologies to different characteristics of wastes)
- ✓ 대도시에 적합한 WTE 기술 (Waste-To-Energy in big cities)
- ✓ 폐기물에 대한 재생가능에너지 정의 (Definition of wastes in renewable energy)
- ✓ 폐기물 열에너지에 대한 정부 지원 (Government support to heat energy from wastes)
- ✓ 폐기물에너지에 대한 낮은 RPS 비율 (Renewable Portfolio Standard (RPS) for energies from wastes)

폐기물에너지화 주요 이슈 – BAT 연계

국내 WTE 이슈	국내 현황	BREF 반영 필요 사항
소각시설 발생 스팀 활용 전기생산 고효율화	포화증기(200°C/20 bar) 위주 벽면 보호 개념 열 회수, 일부 400°C/40 bar 증기생산 적용	국제 평균 수준인 400°C/40 bar 증기생산 적용 국내외 사례, 이에 필요한 건설비/운영비 현실적 제시
해외기술 도입 건설 운영시 국내폐기물 성상 차이로 인한 적용성 차이	RDF, 바이오가스 분야 등 많은 시행오차 발생	국내 우수 설치기술, 운전조건 범위 및 시행오차 사례, 주의점 제시
대도시에 적합한 WTE 기술	획일적, 일부 편협된 의견에 근거한 기술 반영	전체 편익 반영한 기술별 자료, 국내 우수사례 제시
폐기물에 대한 재생가능에너지 정의	생분해가능 폐기물만 재생가능에너지에 포함하는 IEA 기준을 맹목적 추종 주장 많음	BAT 해당사항 아니나, 폐기물에너지화 사업에 큰 영향
폐기물 열에너지에 대한 정부 지원	태양열, 지열에 집중, 실현 초기 단계	BAT 해당사항 아니나, 폐기물 열에너지도 포함 필요
폐기물에너지에 대한 낮은 RPS (Renewable Portfolio Standard) 비율	폐기물/ LFG 0.5 RDF 전소발전/폐기물가스화발전 1.0	BAT 해당사항 아니나, 폐기물에너지화 사업에 큰 영향

*BREF : Best Available Techniques Reference Documents, 최상가용기법 기준서

Issues in WTE : 소각시설 발생 스팀 활용 전기생산 고효율화

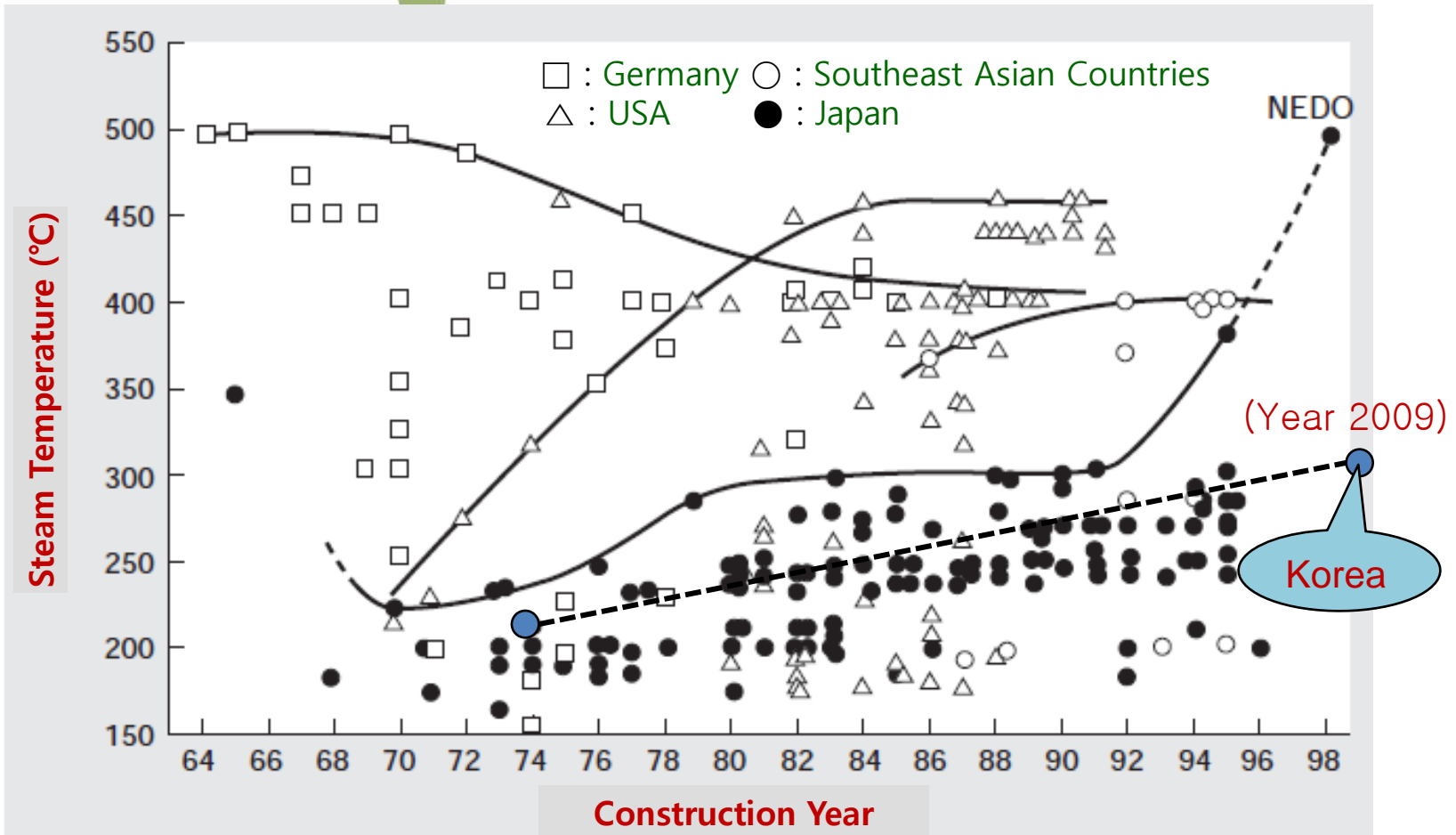
국내 폐자원에너지 열이용 2008년도 통계

항목	시설		생산된 폐열량 (Gcal/년)	폐열 이용량 (Gcal/년)			WTE 시설 발생열 이용률, %
	개	용량 (톤/일)		Total	전기	열공급	
Total	78	17,501	9,644,311	8,353,441	1,320,871	7,032,570	86.6%
생활폐기물	45	13,016	6,976,727	6,330,363	1,253,112	5,077,251	90.7%
산업폐기물	33	4,485	2,667,584	2,023,078	67,759	1,955,319	75.8%

- 단순 숫자상으로는 폐열 이용률이 평균 86.6%로 높음.
- 생활폐기물 경우 90%에 달함. 그러나, 생산하는 스팀의 질을 보면 이용률 90%는 잘못된 인식을 줄 수 있음.
- 실제 에너지 회수율은 30%에 크게 못 미치며, 현재의 WTE 기술로 30%에 달할 수 있음.

WTE 플랜트에서 생산되는 스팀 온도(=발전 효율)의 추세

40 bar, 400°C 스팀 생산이 세계 추세임.



WTE best available technology는 100 bar, 500°C 스팀을 통한 30% 전기생산 효율

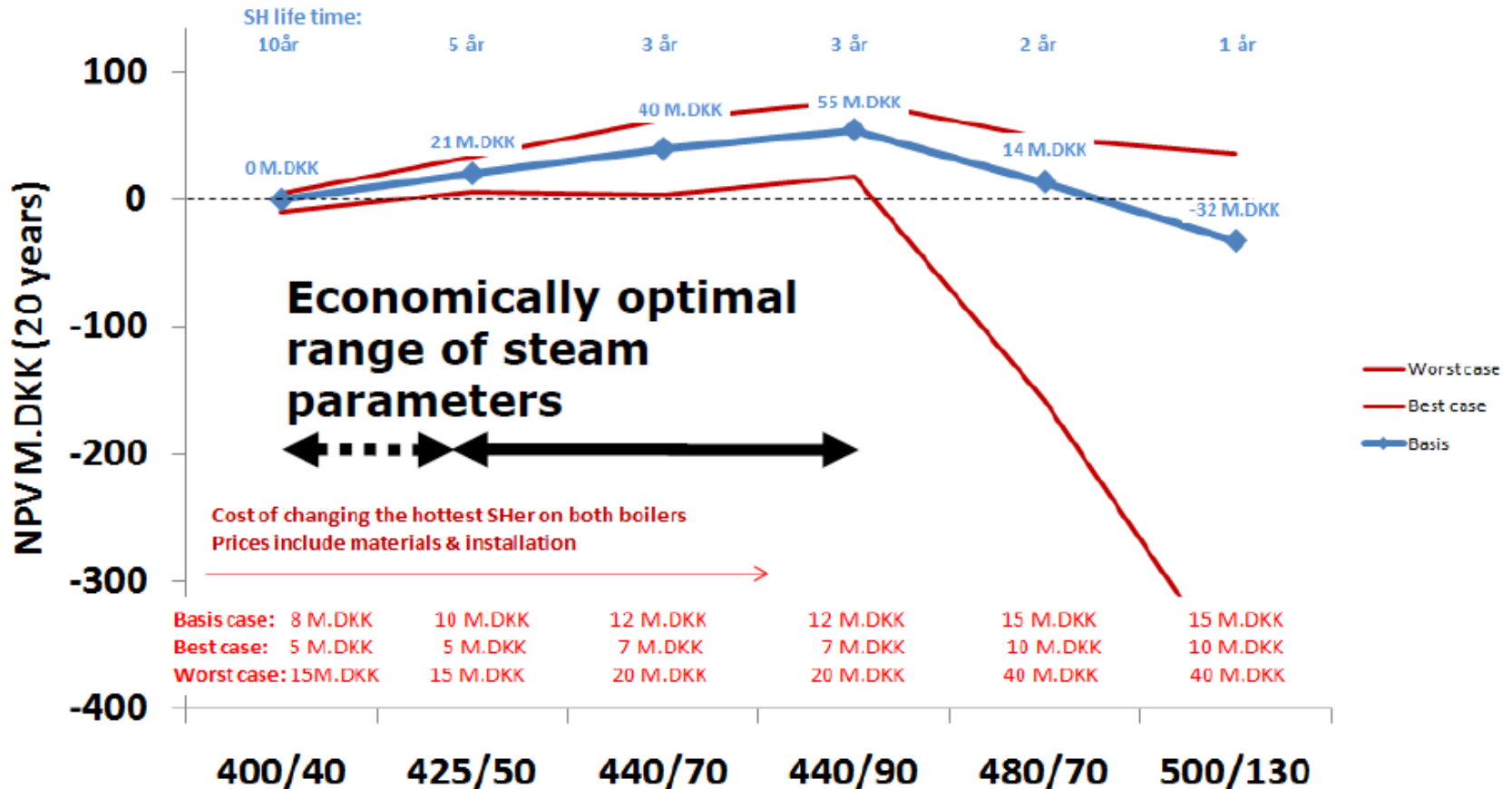
국내 설치된 자원회수시설의 보일러/스팀터빈 사양

시 설 명	시설규모 (톤/일 x 기)	보일러 사양			터빈발전기 사양			
		압력(kg/cm²G)	온도(℃)		출력(kW)	형식(kg/cm²G)		역송 여부
성 남	300 × 2	20	244	과열	4,500	배압	0.5	역송
창 원2	200 × 1	20	240	과열	1,100	배압	0.3	
성 서2	200 × 2	16	203.4	포화	2,000	배압	0.3	
상 무	200 × 2	16	203.4	포화	1,500	배압	0.3	
명 지	200× 2	16	203.4	포화	3,000	배압	0.3	역송
울 산	200 × 2	16	203.4	포화	1,500	배압	0.3	
광 명	150 × 2	17	207	포화	1,500	배압	0.3	
구 리	100 × 2	20	213	포화	800	배압	0.5	
천 안	200 × 1	16	203.4	포화	800	배압	0.3	
산 북	100 × 2	19	250	과열	1,200	배압	0.3	
의정부	100 × 2	16	203.4	포화	1,200	배압	0.3	
청 라	250 × 2	16	203.4	포화	1,800	배압	0.3	
전 주	200 × 2	21	216.2	포화	4,000	배압	0.3	역송

- 동부권 광역자원화시설: 150톤/일 x 2기, 30 kg/cm² / 300℃, 8200 kW 발전

최적 스팀 생산조건을 위한 현황조사 예 [소각]

Net Present Value in relation to increases in live steam from 400°C/40 bar
Sensitivity : superheater life time & cost of changing (warmest) superheater

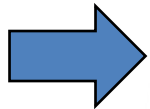


Issues in WTE : 국내폐기물 성상 차이로 인한 적용성 차이

- ❑ 해외기술을 도입 국내 적용시 여러 시행오차 겪음.
- ❑ 대표적인 예:
 - (RDF 제조시 낮은 수율) Moisture content → Dryer capacity mis-match → Low RDF yield
 - (냄새)
 - (수리, 유지보수 지연)
- ❑ 주요 성상 차이 요인: 수분, 소금, 염소 함량, 발열량, 고온에서 회재 특성, Wire 등 기계적 문제야기 성분
- ❑ 시간, 비용 들더라도, 실제 지역 폐기물을 대상으로 pilot과 실증설비를 통한 적합성 점검 필요

Issues in WTE : 대도시에 적합한 폐기물에너지화 기술

- 대부분 대도시들은 이미 충분한 소각설비를 갖추고. 소각이 대용량으로 열에너지를 생산, 냉난방과 전기생산에 효율적으로 활용할 수 있다면, 대부분의 나라에서 현재 기술수준에서는 가장 신뢰도 높고 경제적인 방안임.
- 기존 소각시설을 폐기물고체연료(RDF)나 열분해/가스화 시설로 교체 할지는 대용량 폐기물 수급 여부에 달려 있음.
- 광역화가 성공적으로 진행된 대도시에서는 대용량(300-500톤/일) 소각+고효율 에너지회수 설비 활용이 적절함.
- 폐기물고체연료(RDF)와 가스화 설비는 중형규모 설비에서 더 경쟁력이 있을 수 있고, 설비 인근에서 에너지활용이 어려운 경우 더 적합함.



고효율 성능을 가진 기존 폐기물 소각설비 이용이 효율적

Issues in WTE : 폐기물에 대한 재생가능에너지 정의

Energy Source		IEA	EU	USA	JAPAN	CHINA	KOREA	AUSTRALIA	FRANCE	S. AFRICA	UK
Renewable Energy	Hydro	Large Hydro	○	×	○	×	○	○	○	○	○
		Small Hydro	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		Pumped Storage Power Generation	×	×	×		×				
	Geothermal	Power Generation	○	○	○	×	○	○	○		
		Heat Pump	×	×	×	○					
	Solar Energy	Photovoltaic	○	○	○	◎	◎	◎	○	○	○
		Solar Heating	○	○	○	○	○		○		
		Solar Heat Electricity Generation	○	○	○		○	○		○	
		Passive Solar	×	○	×	○	○	×			
	Sea Power		○	○	○	×	○	○		○	○
	Wind Power		○	◎	○	○	◎	◎	○		○
	Biomass	Solid Biomass	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		Biomass Gas	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		Liquid Biomass	○	○	○		○	○	○		
		Black Liquor				○	×	○			
	Wastes	Renewable Municipal Wastes	○	○	○	○		○	○	○	○
		Non-renewable Municipal Wastes	×	×	×	○		○			○
		Industrial Wastes	×	×		○		○			○
		Non-specific Combustible Renewables	×	×		○		○			○
		Waste Heat from Wastes	×	×		○		○			○
		Food Wastes				○	×	○			
	Temperature Difference Energy		○	○	×	○		×			
New Energy	Fuel Cell						◎				
	Gasification/Liquefaction of Coal						○				
	Hydrogen				○		○				

- IEA의 폐기물에 대한 재생가능에너지 정의: “생분해 가능한 물질 연소에서 발생한 에너지만 인정”
- IEA : 폐기물의 Non-biodegradable part는 renewable로 구분하지 않음.
- 이러한 좁은 정의가 국내에 적합한지 논의 필요함.

Issues in WTE : 폐기물 열에너지에 대한 정부 지원

- ❑ 폐자원에너지 시설에 대한 정부 지원은 신재생에너지 지원을 통한 전기에 국한되어 있고, 스팀(열) 에너지는 지원이 안되고 있음.
 - 소각여열(소각폐열)은 가격이 0인 원료에서 생산된 것으로 취급
- ❑ 국내에서 폐기물 소각설비에서 발생한 스팀 가격은 천연가스 생산 스팀의 20-25% 수준임. 이러한 낮은 스팀 가격은 고급 스팀 생산을 위한 설비투자를 방해함.
- ❑ 2011년부터 환경부에서 기존 폐기물에너지화 설비 개보수 지원이 되고 있음.
- ❑ 에너지관리공단에서 신재생열에너지 의무화제도(RHO, Renewable Heat Obligation) 도입 검토 중이나, 주 대상이 태양열, 지열, 바이오 가스임. 폐기물 폐열은 소외된 상태.

A scenic landscape photograph featuring a calm lake in the center, surrounded by lush green mountains and dense pine forests. In the foreground, a wooden walkway with railings is visible on the right, where a few people are walking. The sky is clear and blue. The text "Q & A" is overlaid in the center of the image.

Q & A