

(붙임)

## 2016 제1차 해외 환경에너지시설 시찰 결과

### 1 개요

- 출장목적 : 유럽 선진국의 폐자원에너지화시설의 현황과 동향을 확인하고 국내 실정에 맞는 선진시설 도입 활용에 참고할 수 있는 기회의 장을 마련
- 주 관 : 한국폐자원에너지기술협의회, 한국폐기물협회
- 기 간 : 2016.5.27. ~ 6.5(8박10일)
- 출장자 : 환경부, 국립환경과학원, 지자체, 협회단체, 기업, 연구기관 등 19명
- 출장지 : 네덜란드/덴마크(폐자원에너지화시설), 독일(국제환경박람회)
  - 05/30 : Black Bear Carbon BV(페타이어 업사이클 업체, 네덜란드)
  - 05/30 : Aeb Amsterdam 소각장(Waste-to-Energy, Waste Fired Power Plant, 네덜란드)
  - 05/31 : ARC 아미포브랜딩 소각장(Waste-to-Energy, Waste Fired Power Plant, 덴마크)
  - 05/31 : AffaldPlus 소각장(Waste-to-Energy, Waste Fired Power Plant, 덴마크)
  - 05/31 : B&W 지사(ARC 아미포브랜딩/Affaldplus 소각장 기술보급사, 덴마크)
  - 06/02 : IFAT 2016 뮌헨 국제환경박람회(독일 뮌헨)

## 2 출장자 총평

- 폐자원에너지화 시설의 건설시 장기적인 관점에서 환경과 주민 친화적인 설계의 중요성을 확인함.
- 시설의 기술적인 요소와 더불어 합리적인 운영비에 따른 안정적인 운영도 중요함을 확인함.
- 카본블랙의 가치, 폐기물의 매립세 등의 시장 동향을 파악하고 기술의 완성도를 높이기 위하여 시간에 구애받지 않는 투자와 설계가 시장을 선점하는 기술을 만들어내고 있음을 확인함.
- 지자체와 주민, 기술보유사가 서로 윈윈할 수 있도록 합리적이고 이타적으로 설계, 시공, 운영하고 있는 모습이 인상적이었음.
- BGP의 경우, 바이오가스를 이용하기 위해 황화수소 제거, 수분제거 등 가스전처리에 많은 관심이 있는 것으로 판단됨.

## 3 시설 현황

### (1) Black Bear Carbon BV

- 시설소개 : 페타이어 업사이클 업체로 카본블랙 시장에서 최고 품질을 자랑하며 페타이어를 다양한 혁신적 방법으로 녹색에너지로 변환하고 있음
- 한국 내 J/V 사업 제안 : 약 5,000톤/년 생산설비 약 130억원 소요 (토지, 건물 제외)
- 생산공정 : 1. Pre-production(Steel Removal, 철심분리), 2. Carbonisation(탄화), 3. De-agglomeration(분쇄), 4. Pelletising(성형), 5. Drying(건조)

## (2) Aeb Amsterdam 소각장

- 시설소개 : 세계 최대 규모의 폐기물에너지 회사이며 Waste-to-Energy Plant(AEC), Waste Fired Power Plant(HRC), 유해폐기물저장소가 있음. 기술혁신을 기반으로 고효율 폐기물 발전소가 설계되었고 에너지 효율이 30% 이상임
- 운영현황 : 약 4,000톤/일 처리(암스테르담 생활폐기물 33%, 산업폐기물 33%, 영국 반입 33%)
- 설비구성 : 기존 4개 계열(약 85만톤/년 처리), 신설 2개 계열(약 55만톤/년 처리)
- 기타현황 : 90년대 초부터 세금을 부과하였고, 현재는 13유로/톤의 세금을 부과중

## (3) ARC 아마포브랜딩 소각장

- 시설소개 : 코펜하겐 도심에 위치하고 있으며 소각 열을 이용한 발전, 지역난방을 하고 있음
- 운영현황 : 800톤/일 이상 처리중(코펜하겐 5개 지역, 생활폐기물 50%, 산업폐기물 50%)
- 설비구성 : 기존 4개 계열, 신설 2개 계열로 가동됨
- 기타현황 : 인근 발전소 보다 현시설의 에너지(열)를 우선 사용하도록 계약이 되어 있음. 굴뚝에 Heat Pump를 설치하여 에너지를 회수하고 있음(굴뚝 배기 온도 34도)

## (4) AffaldPlus 소각장

- 시설소개 : Waste-to-energy Plant 시설로 코펜하겐 외곽 6개 지역을 대상으로 주민이 공동 참여하였고 지자체에서 운

## 영중임

- 운영현황 : 168,700ton/year 처리중
- 설비구성 : 총 3개 계열로 구성(여름철에는 1개 계열만 가동)
- 기타현황 : 굴뚝에 Heat Pump를 설치하여 에너지를 회수하고 있음(굴뚝 배기 온도 34도)

### (5) B&W(babcock & wilcox) volund 지사

- 회사개요 : ARC 아마포브랜딩 소각장, AffaldPlus 소각장의 기술 보급사
- 주요사업 : Waste to energy, Biomass to energy, Service business, O&M
- 보유 Grates 기술 : DynaGrate Grates

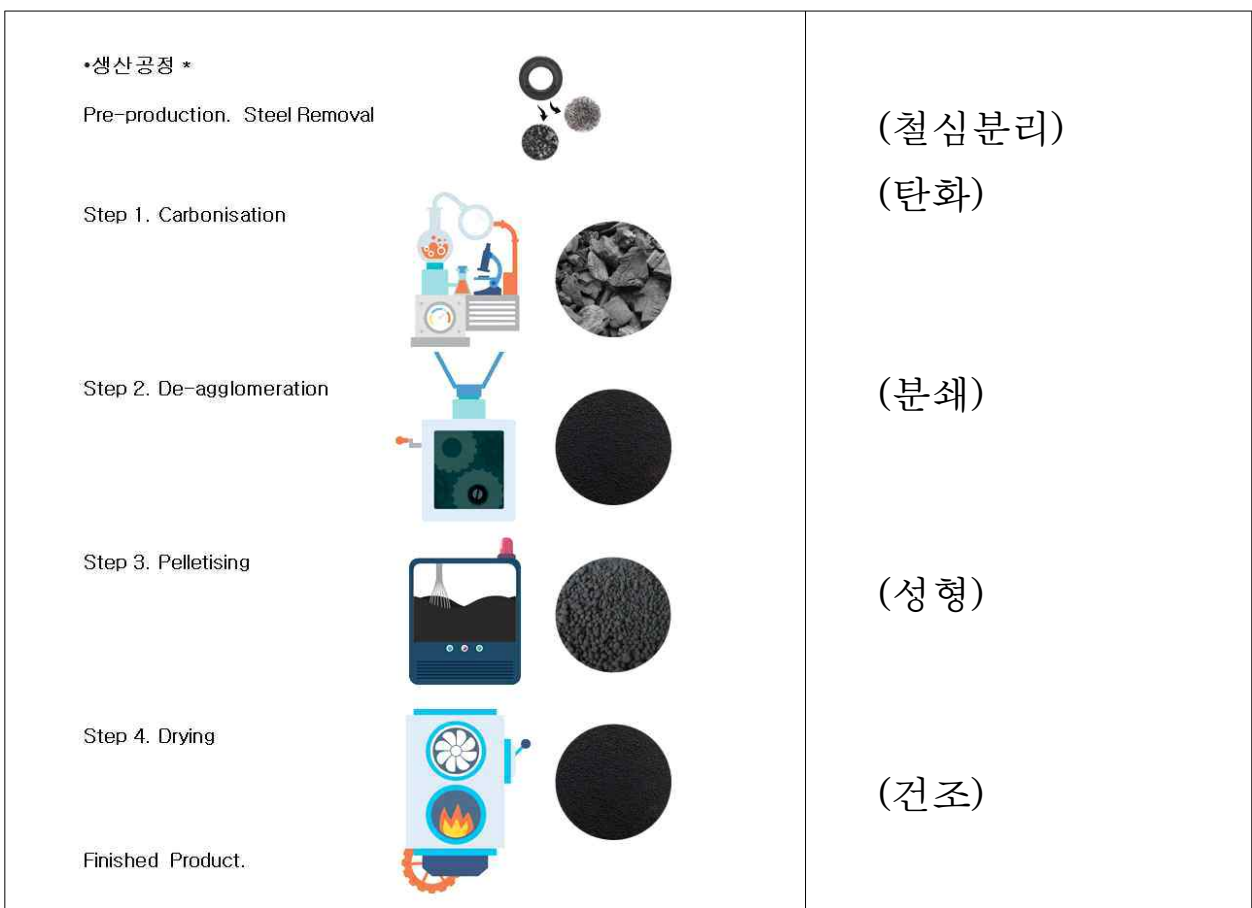
## 4 시설별 주요내용

### (1) 5월 30일 Black Bear Carbon BV 견학

- 시설명칭 : Black Bear Carbon BV
- 방문일시 : 05/30 AM 10:00
- 위 치 : Winnerstraat 28 6031 NL Nederweert The Netherlands
- 웹사이트 : <http://www.blackbearcarbon.com/>
- 시설소개 : 폐타이어 업사이클 업체로 카본블랙 시장에서 최고품질을 자랑하며 폐타이어를 다양한 혁신적 방법으로 녹색에너지로 변환하고 있으며 전통 카본블랙 생산공정과 비교하여 CO2 배출감소에 기여하고 있음
- 회사연혁

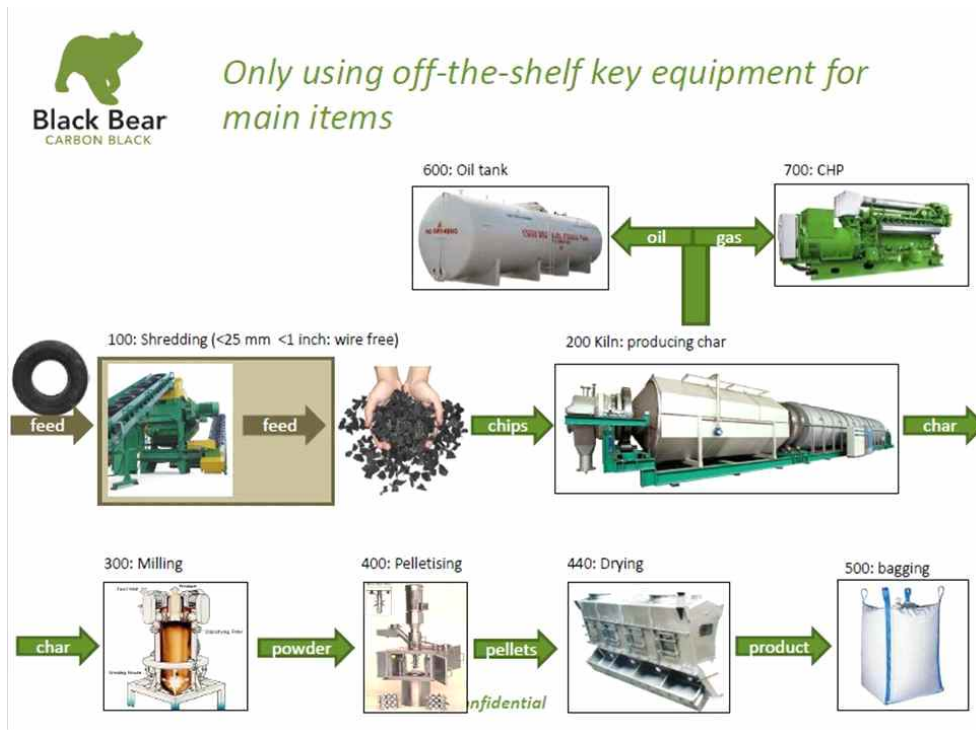
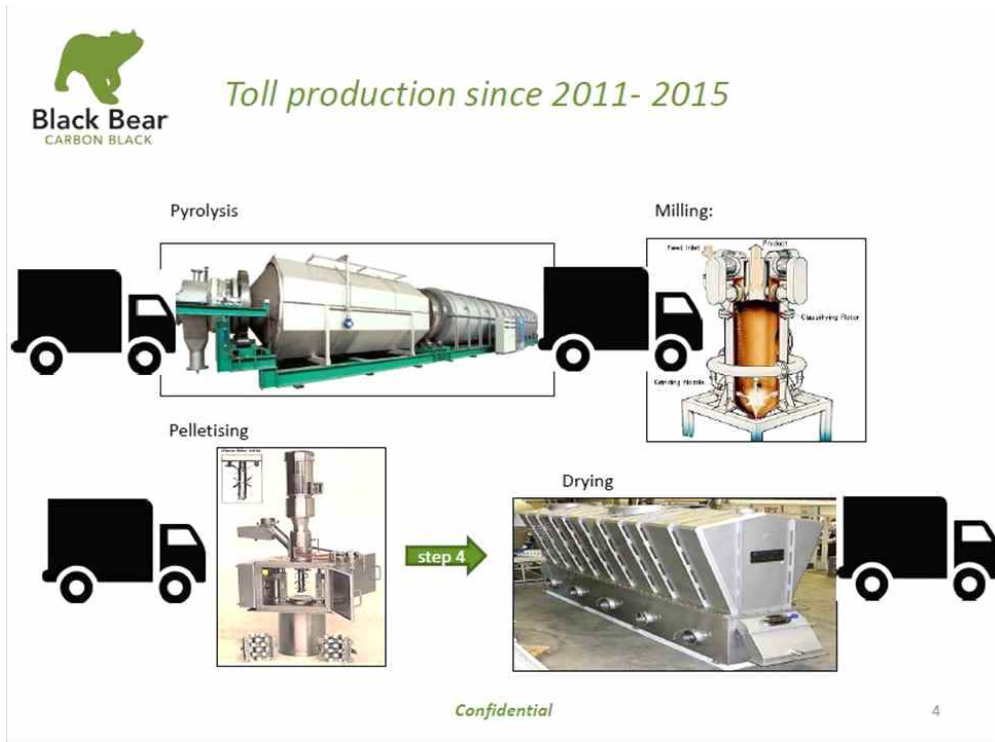
- a) 2010년 Black Bear 설립
- b) 2011~2013년 기술연구 및 테스트
- c) 2013~2015년 Dutch Green Carbon 합작사 설립
- d) 2014~2015년 고부가가치 제품 개발 및 공장 건립
- e) 2016년 6월 생산개시(4,500톤/년)
- f) ~ 2020년 10~20개 라인 해외합작 추진(50% 지분참여)

○ 생산공정



○ 물질수지

- a) 15kton tire 투입
- b) Steel 제거(3kton) 후 12kton
- c) 5kton 카본블랙 생산, 4.2kton 가스 생산, 2.8kton 오일 생산
- d) 탄소 절감에 따른 탄소배출권 21.6kton 발생



- 보증사항 : Full Replacement, Sustainable, Simple to use, Safe
- 시장성 : a) Coatings, b) Inks, c) Polymers, d) Technical Rubber, e) Tires



○ 국내 폐타이어 현황(총 30만 여톤)

- a) 시멘트 및 고품화 연료 : 약 22만톤(73%)
- b) 도로포장 및 재활용 : 약 8만톤(27%)

○ 국내 폐타이어 처리 문제점

- a) 시멘트/고형화 연료 등의 선진국 대비 연료용 과다사용(실질적 재활용 의미 무색)
- b) 대형 폐기물업체 집중화로 폐타이어 공급선 확보 어려움 예상
- c) 국내 카본블랙시장은 연간 64만톤으로 향후 수요 초과 발생
- d) 대응 : 고객 Needs에 맞는 환경안정성 우위, 가격경쟁력으로 고부가 제품으로 차별화

○ 한국 내 J/V 사업 제안

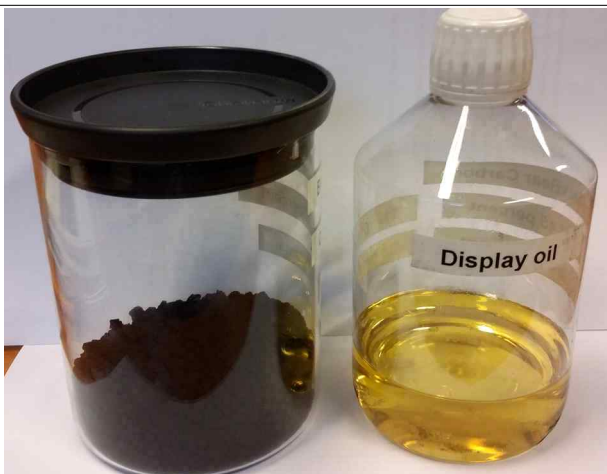
- a) 약 5,000톤/년 생산설비 약 130억원 소요 (토지, 건물 제외)
- b) 카본블랙 1,500유로/톤(최소 900유로/톤), 가스발전으로 전력생산

- c) 라이선스비 초기 1회 upfront, 관리비/3년, 라이선스/영업비, 고가판매 인센티브 별도
- d) 합작 50% 자본 투자 가능
- e) 초기 1~3라인 운전으로 사업환경 점검 후 확대
- f) 선조치 : 페타이어의 안정적 공급선 확보, Presorting의 기술 지도 및 관리

○ 현장사진



Feedstock(input), Char, Carbon Black, Oil(output)



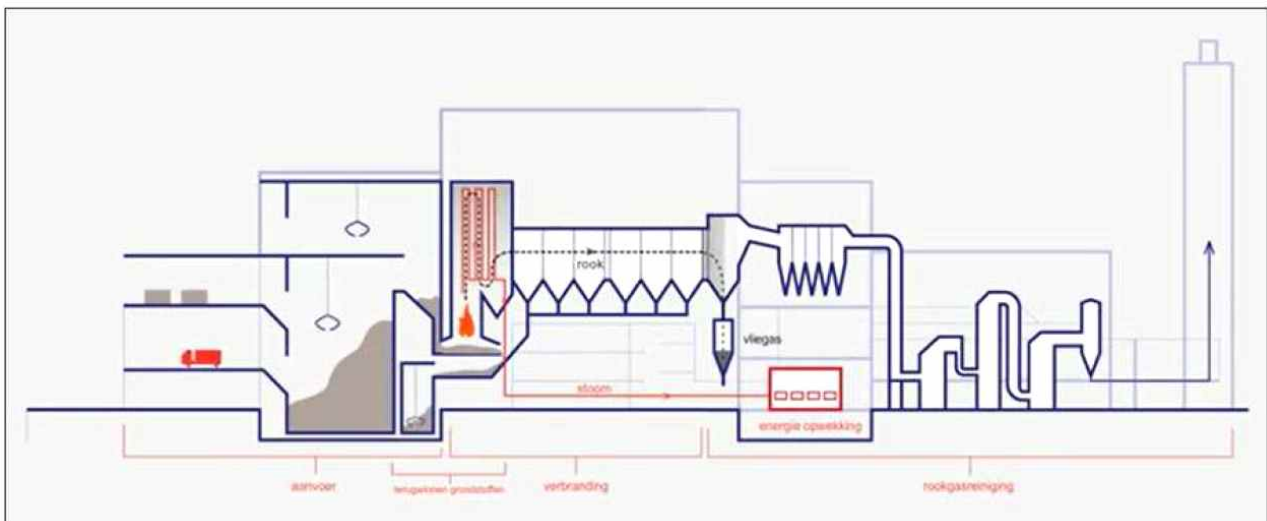
Carbon Black, Oil



EU 펀드투자 마크

## (2) 5월 30일 Aeb Amsterdam 소각장 견학

- 시설명칭 : Aeb Amsterdam
- 방문일시 : 05/30 AM 15:00
- 위 치 : Australiehavenweg 21 1045 BA Amsterdam The Netherlands
- 웹사이트 : <http://www.aebamsterdam.com/>
- 시설소개 : 현재와 미래, 깨끗한 사회를 위한 폐기물 솔루션을 제공하며 폐기물을 변환하여 지속가능한 전기, 지역난방과 높은 품질의 건축 자재로 생산하고 있는 스마트 도시 및 바이오 기반 경제의 허브임. 세계 최대 규모의 폐기물 에너지 회사이며, Waste-to-Energy Plant(AEC), Waste Fired Power Plant(HRC), 유해폐기물저장소가 있음. 기술 혁신을 기반으로 고효율 폐기물 발전소가 설계되었고 에너지 효율이 30% 이상으로 세계에서 가장 높은 폐기물 에너지 변환율을 기록하고 있음. 생산전력은 매년 1,000,000MWh로 32만 가구에 공급하며 생산열은 15년 기준 600,000GJ로 지역난방, 온수 등으로 공급하고 있음
- 전체공정흐름도



○ 진행중인 기술혁신



○ 운영현황

- a) 약 4,000톤/일 처리중(암스테르담 생활폐기물 33%, 산업폐기물 33%, 영국 반입 33%)
  - 암스테르담 발생 폐기물 100% 처리중
  - 생활, 산업폐기물을 혼합처리하고 페인트 등이 묻은 폐기물은 반입금지
- b) 총 6개 계열으로 구성(72MWh/line)되고 365일 가동됨
  - 기존 4개 계열 약 85만톤/년 처리, 공냉식
  - 신설 2개 계열 약 55만톤/년 처리, 수냉식
  - 전체 가동율은 95%로 Overhaul은 1회/2년 약 30일간 실시
- c) 폐기물 재활용율은 약 31.2%로 세계 최고 수준임
  - 스팀 135bar, 480°C 로 운영중
- d) 연간 40만톤의 CO2를 추출하여 온실에 공급계획 중임

○ 기타현황

- a) EU 전체의 재활용과 소각이 폐기물 처리에서 차지하는 비중은

60%(40+20)이지만 네덜란드는 100%를 차지함

b) 세금부과 현황

- 90년대 초부터 세금을 부과하였음
- 현재는 13유로/톤의 세금을 부과중
- 배출자부담금은 4인가구 기준으로 년 세금을 부과중
- 영국의 경우 세율이 높아 본 시설로 반입 처리중임

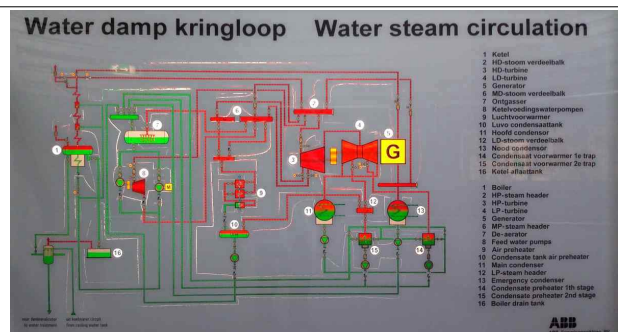
○ 현장사진



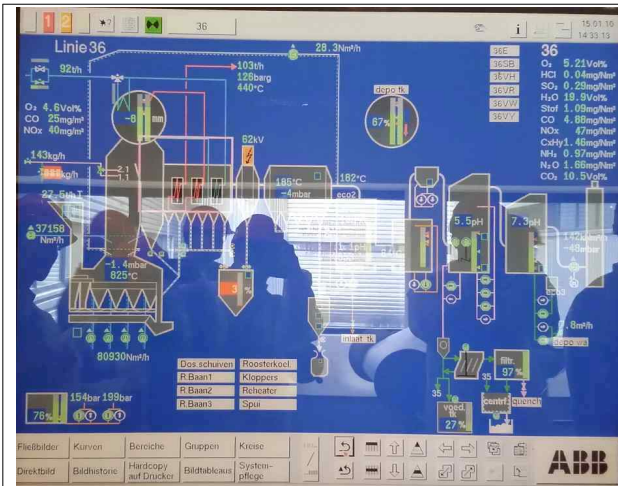
시설전경



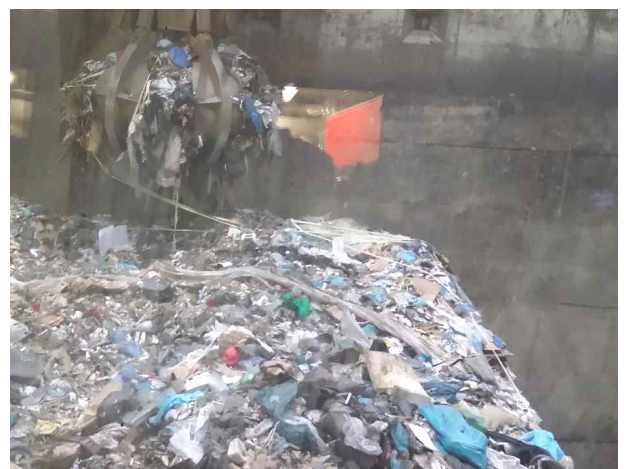
반입중인 트럭



Water steam circulation



운전현황



폐기물 반입



연소상태



Moving Grates

### (3) 5월 31일 ARC 아마포브랜딩 소각장 견학

- 시설명칭 : ARC 아마포브랜딩 소각장
- 방문일시 : 05/31 AM 10:00
- 위치 : Amager Ressourcecenter Kraftvaerksvej 31 DK-2300 Copenhagen The Denmark
- 웹사이트 : <http://www.a-r-c.dk/>
- 시설소개 : 코펜하겐 도심에 위치하고 있으며 소각 열을 이용한 발전, 지역난방을 하고 있으며, 55만명의 주민과 4.5만여 기업에서 나오는 폐기물을 처리하여 15만 가구에 전기

와 지역난방을 공급하고 있음.

○ 운영현황

a) 시에서 운영중임(40년간)

b) 800톤/일 이상 처리중(코펜하겐 5개 지역, 생활폐기물 50%, 산업폐기물 50%)

- 젖은 생활폐기물, 건조 생활폐기물이 반입되며 충분한 용량의 호퍼가 적용됨

c) 총 6개 계열로 구성됨

- 기존 4개 계열 : Gear Generator, A/C 적용, Lime 투입

- 신설 2개 계열 : No Gear Generator, Wet Scrubber 적용

d) 스팀조건

- 기존 라인 : 스팀 35bar, 300℃

- 신규 라인 : 스팀 70bar, 440℃

e) 전체 열회수율은 87~88%(전력생산만 할 경우에는 20%가 감소함)

f) 처리비용 : 400Krone/ton(약 75천원/톤, 25%는 운영사 수익)

○ 기타현황

a) 덴마크 왕궁과 10분거리에 위치해 있지만 운송거리, 난방 등의 효율성을 감안하여 선정

b) 발전소 등도 인근에 있지만 현시설의 에너지(열)를 우선 사용하도록 계약이 되어 있음

c) 연간 413,486ton을 처리하여

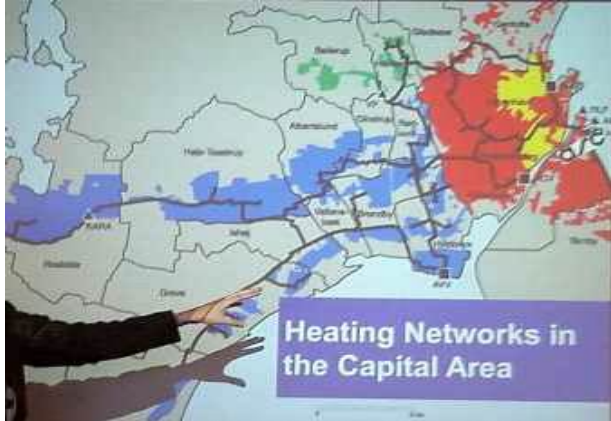




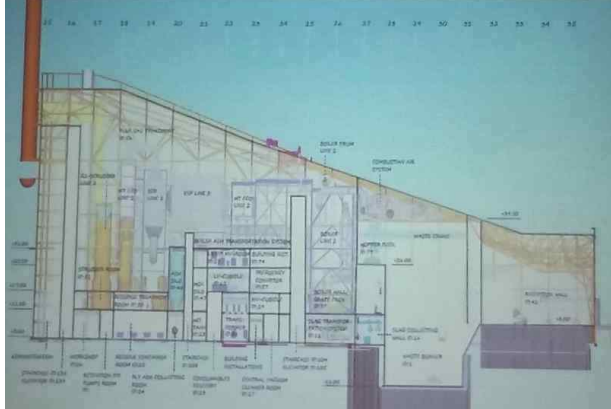
- 약 80%에 해당하는 724,981MWh의 지역난방을 생산하고

- 약 20%에 해당하는 180,642MWh의 전력을 생산하고 있음(90년대부터)

- 시장의 상황(전력요금 등)을 감안하여 지역난방과 전력의 생산 비중을 조정하고 있음

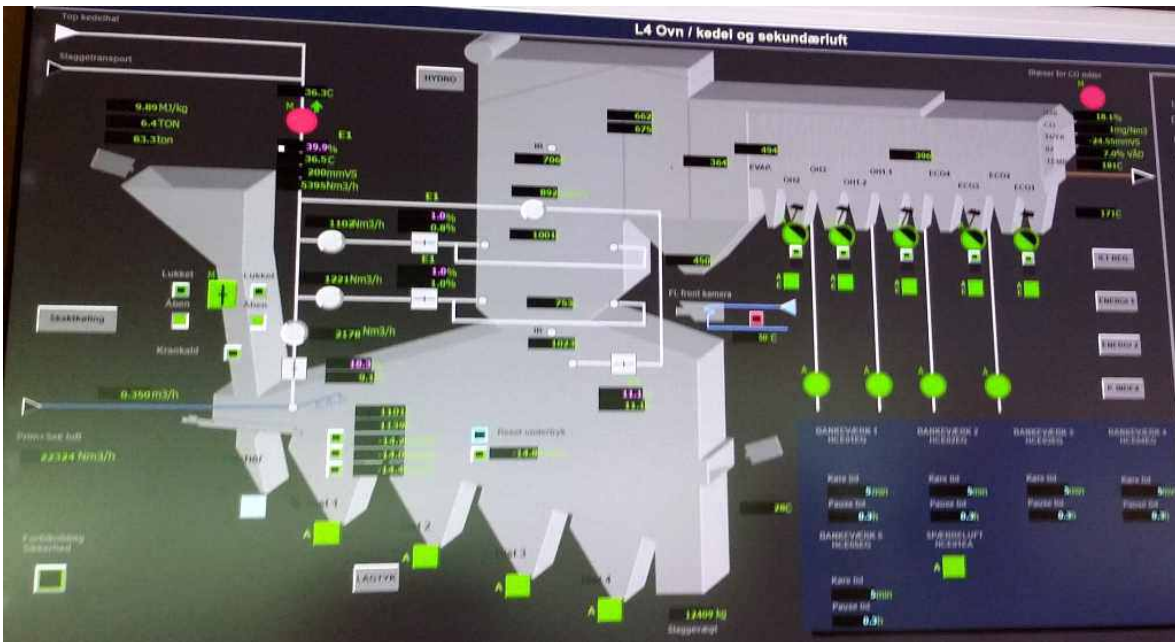
- d) 코펜하겐은 유기물을 포함하지 않는 폐기물에 한하여 매립하고 있음(2% 미만)
- e) 굴뚝에 Heat Pump를 설치하여 에너지를 회수하고 있음(굴뚝 배기 온도 34도)
- f) 신규 소각장 건설중(건설비 : 약 8,000억원)

○ 현장사진

 <p>Heating Networks in the Capital Area</p>	
<p>지역난방 네트워크</p>	<p>연소상태</p>
	
<p>Turbine Generator</p>	<p>Generator</p>
	
<p>신규 소각장 전경</p>	<p>신규 소각장 설계도</p>

#### (4) 5월 31일 AffaldPlus 소각장 견학

- 시설명칭 : AffaldPlus 소각장(Waste-to-energy Plant)
- 방문일시 : 05/31 14:00
- 전체공정흐름도



#### ○ 운영현황

- a) 지자체에서 운영중임(주민 공동 참여)
- b) 168,700ton/year 처리중(코펜하겐 외곽 6개 지역)
  - 30만명(15만 가구)의 생활폐기물과 3만개 사업장의 산업폐기물 관할
  - 연간 생활폐기물(77,000ton), 산업폐기물(39,500ton), Recycling 폐기물(42,000ton), Biomass (3,700ton/year), 기타 (6,500ton/year) 처리
- c) 총 3개 계열로 구성됨(여름에는 수요가 적어 가동율을 낮춤, 1개 계열만 가동)

#### ○ 기타현황

- a) 폐기물 반입 6개 지역의 폐기물 처리 Plant 현황
  - Waste to Energy Plant 2, Landfills 2, Composting 4, Recycling

22, Sorting 1 등

b) 굴뚝에 Heat Pump를 설치하여 에너지를 회수하고 있음(굴뚝 배기 온도 34도)

- 여름에는 가동하지 않지만 7년간 투자비 회수가 가능함

c) 연간 168,700ton을 처리하여

- 231,400MWh의 지역난방(CO2 58,400ton 저감효과)을 공급하고

- 67,300MWh의 전력을 생산(CO2 25,200ton 저감효과)하고 있음

○ 현장사진



운전실



크레인실



반입구



투입호퍼



연소상태



Grates 구동부

(5) 5월 31일 B&W(babcock & wilcox) volund 지사 방문

- 회사개요 : ARC 아마포브랜딩 소각장, AffaldPlus 소각장의 기술  
보급사
- 주요사업 : Waste to energy, Biomass to energy, Service business,  
O&M
- 회사연혁
  - 1931년 첫 Waste to energy plant 건설
  - 1980년 첫 Biomass to energy plant 건설
  - 2000년 미국계 회사에 합병
- 주요현황
  - a) 국내 한라산업개발과 기술제휴중(20년 이상)
  - b) 15년 매출이 영국의 매립금지 등의 영향으로 2배로 증가함
- 보유 Grates 기술
  - a) DynaGrate Grates(최신기술)
    - 소각재가 하부로 떨어지는 것을 방지하고 유기물 1% 이하로  
소각
    - 작은 Size의 조각들이 결합된 상태로 손상시 교체가 용이함
    - 사용가능한 발열량 범위는 6MJ/kg(1434kcal/kg) ~  
20MJ/kg(4780kcal/kg)
    - 수냉식으로 기존 방식보다 설치비가 2~3배 이상 증가  
(Considerable higher)하지만 15년 운영 기준 평가시 DynaGrate  
가 훨씬 경제적이며 영국 등 건설중인 Plant에서 모두  
DynaGrate를 선택함
    - 5년동안 년 5%씩 교체하고 이후 년 2%씩 교체(예상)
  - b) The Volund Grates
  - c) Vibration Grates
- 주요 Reference(최근)

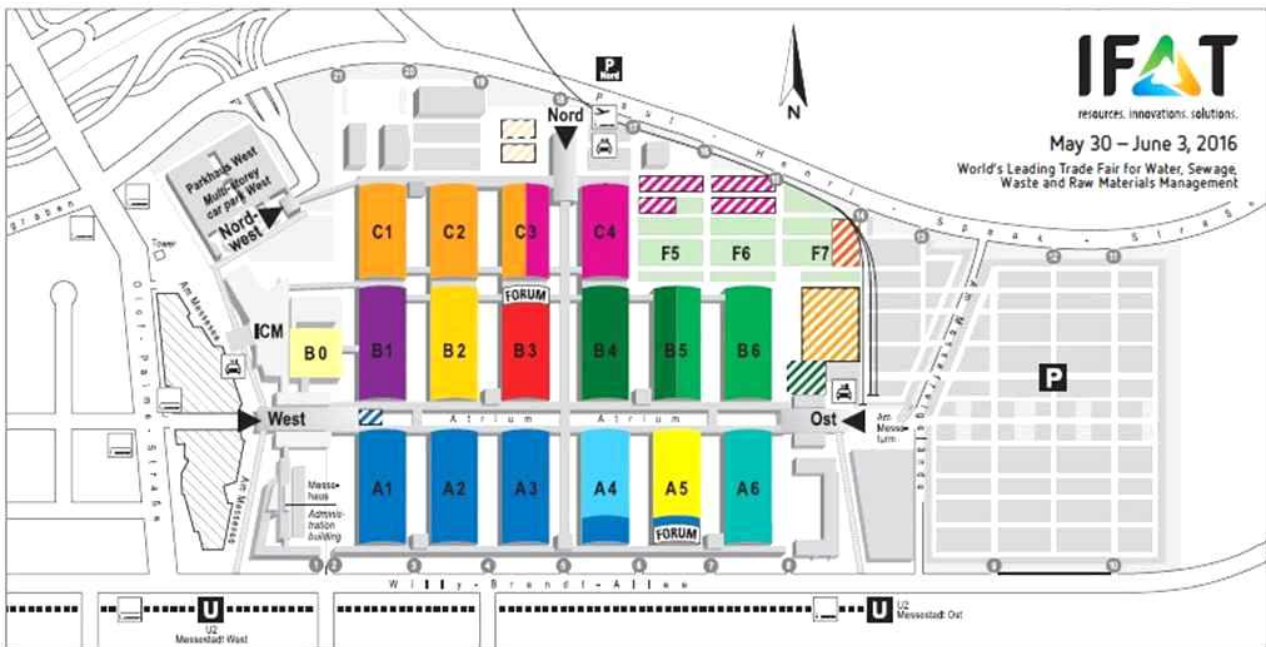
- a) Amager Bakke(덴마크, ARC 아마포브랜딩 소각장의 신규 소각장)
  - 35ton/hr/line(2개 라인), 스팀조건 67bar, 440℃
  - 열효율 29%, EU 재생가능지표(R1 value, 0.7이상이면 renewable) 1.56
  - 2016년 Commissioning
- b) Margam(영국)
  - 스팀조건 83bar, 500℃
  - DynaGrate 적용
  - 2017년 Commissioning
- c) Packages Pakistasn(파키스탄, License concept)
  - 37.7ton/hr/line(1개 라인), 스팀조건 97bar, 530℃ (150ton 스팀 생산)
  - 2016년 Commissioning
- d) Vibration Grates
  - 24.0ton/hr/line(2개 라인), 스팀조건 54bar, 403℃ (150ton 스팀 생산)
  - 2016년 Commissioning

**(6) 6월 2일 IFAT 2016 뮌헨 국제환경박람회 참관**

○ 박람회 개요

- 명칭 : IFAT 2016 뮌헨 국제 환경 박람회
- 일시 : 2016년 5/30 ~ 06/03
- 장소 : Messe Wien Exhibition & Congress Center
- '14년 결과 : 59개국의 3,781업체 참가/168개국의 135,000여명 참관

- IFAT exhibition sectors :



Water and sewage	Recycling and municipal technologies
Water extraction and utilization	Waste management and recycling
Water and sewage treatment	Generating energy from waste materials
Water distribution and sewers	Street cleaning, maintenance, and winter road services
Coastal protection, flood, and water bodies control	Decontamination of old sites and soil treatment
Measuring, control, and laboratory technology	Flue-gas scrubbing and air extraction, air pollution control
Services	Noise reduction and sound insulation
Science, research, and technology transfer	Services
	Science, research, and technology transfer