

덴마크의 전력사업 현황

1. 개요

국토 면적 : 4만 3070km²
 인구 : 528만 4천명
 수도 : 코펜하겐
 기타 도시 : 올보르그, 오르후스, 오덴세
 언어 : 덴마크어
 통화 : 덴마크 크로네(DKK)
 (=100외레)
 환율(미 달러대) : 6.604
 국민총생산(GNP) : 1843억 4700만달러
 주파수 : 50Hz
 전압 : 230/400V
 1인당 전력소비량 : 7,825kWh

2. 일반 사항

가. 유틀란트 반도와 많은 섬들로 구성된 나라

덴마크 왕국은 유럽대륙으로부터 북해(北海)로 뻗은 유틀란트반도의 대부분과 발트 및 북해의 수많은 섬들로 구성되어 있다. 북쪽으로는 북해의 줄기인 스카게라크 해협, 그리고 동남쪽으로는 덴마크를 스웨덴으로부터 분리시키고 있는 발트 그리고 카테가트를 연결시키고 있는 좁은 해협인 외레순과 카테가트와 접하고 있다. 남쪽의 국경은 유일하게 독일과 접하고 있

으며, 서쪽으로는 북해와 접하고 있다. 유틀란트 동쪽의 주요 섬들은 팔스테르, 뵘, 랭글랜드, 홀란, 뵘 그리고 코페하겐이 위치하고 있는 셸란섬이다. 스웨덴의 동남부 발트해에는 덴마크 영토인 보른홀름 섬이 있다. 덴마크는 또한 두 곳의 다른 자치령을 관장하고 있다. 즉 세틀랜드섬과 아이슬란드 사이에 위치하고 있는 18 페로섬과 캐나다의 동북부 해안으로부터 멀리 떨어진 세계에서 가장 큰 섬인 그린란드이다. 행정적으로 덴마크는 프레데릭스베르 자치도시, 코펜하겐 그리고 14개 카운티로 구성되어 있다.

덴마크 국토는 대부분이 평탄하며 서부해안은 모래언덕과 사주(砂洲)로 낮게 펼쳐져 있고 동쪽으로는 지대가 약간 높고, 높은 벼랑 사이에 있는 협만(峽灣)들이 있다. 덴마크는 온화한 해양성 기후를 가지고 있다. 덴마크의 교통시스템은 수많은 페리와 큰 섬들 사이를 연결시키는 세계에서 가장 긴 다리 등 다양하다. 자연자원이 거의 없기 때문에 덴마크의 산업개발은 다른 대부분의 유럽국가들보다 늦게 이루어졌으며, 1930년대까지 이 나라는 주로 농업생산에 의존하고 있었다. 제2차 세계대전 이후 그리고 1960년대에 걸쳐서 덴마크는 해상운송과 조선, 가구제작, 고가(高價) 의류 및 소비재

그리고 특수 중공업 엔지니어링 등을 포함하는 보다 다양하고 산업화된 경제로 변천하게 되었다. 1980년대에는 서비스부문이 계속해서 확장되었으며, 현재 노동인력의 50% 이상이 서비스 부문에 종사하고 있다. 실업률이 아직 약 8%로 높은 수준이나 국내총생산(GDP)은 연간 약 3%의 성장률을 보이고 있으며, 이것은 유럽연합(EU) 회원국 평균보다 다소 높은 것이다. 1990년대에 덴마크는 국제수지 흑자를 기록하게 되었는데, 이는 건전한 수출산업과 긴축 재정정책으로 덴마크의 인플레이션을 2~3%로 유지시킬 수 있었는데 힘입은 바 크다. 또한 덴마크는 기준임금이 높은 편이면서도 비교적 연금과 복지후생에 대한 부담이 적다. 총 노임 기준으로 볼 때 EU 평균과 동일한 수준이다.

나. 북해의 원유와 천연가스 발견

덴마크는 총국토의 60% 이상을 경작하고 있으며, 덴마크의 농업부문은 세계에서 가장 현대화되고 기술적으로 앞선 나라에 속한다. 이 나라는 계속해서 고급식품과 음료 생산자로서의 전통적인 역할을 수행하고 있으며, 식품 가공은 제품 총판매고의 4분의 1을 점하고 있다. 많은 덴마크의 낙농과 기타 농업기업체들은 협동조합과 같은 조직

으로 되어 있으며, 또 많은 다른 사업 체들도 실제로 협동조합 체제로 운용되고 있다. 연구개발(R&D)에 크게 지출함으로써 덴마크회사들은 식품산업에 대한 모든 형태의 기기와 공정 플랜트에 대한 전문가가 되어 있다. 다른 산업체들도 뒤따라 설립되었으나 1980년대까지는 충분히 발달하지 못한 상태로, 이때에는 1차 제조산업에 주력하지 않았고 오히려 소규모 내지 중간규모의 회사들에 의한 고도의 전문화된 경공업 제조업과 재가공에 역점을 두었다.

1970년대초 북해의 덴마크 영해에서 원유와 천연가스를 발견하였을 때까지 이 나라는 농토 이외에는 알려진 천연자원이 없는 실정이었다. 덴마크는 1992년에 석유 및 가스생산에서 독자적으로 충분한 생산량을 달성하였으며, 이것은 석유회사들이 어려운 입지조건에서 지난 20년에 걸쳐 석유를 추출하는 특수한 기술을 개발한 결과이다. 덴마크의 주(主) 석유생산회사는 덴마크의 엔지니어링회사인 AP 필러(Møller), 셸 그리고 텍사코(Texaco)의 조인트벤처인 단스크 언더그라운드 컨소시엄(DUC)이다. 이 나라는 1972년에 단필드(Dan Field)에서 처음으로 원유를 생산한 이후 생산량이 계속 증가하여 1999년에는 1990년도에 비해 150% 증가한 약 2150만 toe(석유환산톤)을 생산하였다. 이것은 부분적으로 시리 및 사우스 아르네

필드에서의 새로운 작업 개시와 다른 한편으로 DUC의 다른 유전에서 개선된 개발방식을 도입함에 따른 생산량의 급격한 증가에도 기인한다.

다. 덴마크 석유 및 천연가스 (DONG) 사

덴마크의 석유 및 가스부문의 다른 주요회사는 덴마크 석유 및 천연가스 (DONG) 사(社)이다. 이 회사는 덴마크의 천연가스 생산량 전부를 구입할 뿐만 아니라 DUC의 북해유전 생산량의 대부분을 프레데리치아의 원유 터미널까지 수송하는 송유관을 운영하고 있다. 자연히 석유의 생산이 매우 중요한 위치를 차지하고 있는 반면, 덴마크의 천연가스 산업은 점진적으로 덴마크의 전력생산과 열 공급에서 석탄을 대체하는데 그 비중을 증가시키고 있다. 1998년 총 가스의 실 생산량은 1997년보다 약간 증가한 73억 5천만 입방미터(bcm)였다. 국내 총 판매량은 1997년보다 9% 증가한 4bcm이었으며, 가스는 이제 총 에너지 소비의 20%를 막 넘어섰다. 덴마크 가스소비의 약 4분의 1은 상업 및 주택 고객들에 의해서 직접 소비되고 있다. 그리고 4분의 1이 산업용 그리고 2분의 1이 발전과 지역난방에 사용된다. 1998년도 가스의 총 수출은 2.7bcm이었으며, 약 70%는 독일로, 그리고 나머지는 스웨덴으로 수출되었다.

덴마크의 석탄 및 코크스의 소비량은 약 900만톤/년(tpy)으로 이 나라

는 콜롬비아, 폴란드, 남아프리카 공화국 및 미국의 석탄회사들에게는 전통적으로 소중한 고객이다. 수입 석탄의 90% 이상이 발전에 사용되는데 환경적인 제약, 풍부한 국내 천연가스 그리고 최근들어 인근국가들의 수력발전소 및 원자력 발전소에 대한 전력공급 의존도가 점차 증가하면서 덴마크의 석탄 사용은 감소하는 경향을 보이고 있다. 1996년에서 1998년 사이에 약 25%가 감소한 것이 그 예이다. 몇몇 전문가들은 2030년에는 국내 석탄 소비의 대부분이 사라지게 될 것으로 결론을 내리고 있다. 덴마크는 석탄연소 부산물에 관한한 세계에서 가장 완벽한 리사이클링과 재사용 프로그램을 가지고 있는 나라들 중의 하나이기 때문에 이것은 국내 건설산업에 대하여 파생되는 문제들을 야기하게 될 것이다. 이미 덴마크는 시멘트와 건설 프로젝트에 사용하기 위하여 다른 나라들로부터 석탄재(灰)를 수입하고 있다.

3. 전력사업 개황

가. Elsam과 Energi E2

덴마크는 1891년에 전기가 사용되기 시작하였으며, 이 나라에는 100개가 넘는 전력회사들이 있는데 이들 대부분은 배전사업자들이다. 전체 전력회사의 약 절반은 민간회사이며, 나머지 절반은 협동조합이거나 합명(합

名)회사이다. 덴마크는 그레이트 벨트로 분할된 두 개의 전력공급 구역을 가지고 있는데, 그레이트 벨트는 인구가 많은 질란드 및 롤란-팔스테르 도서들을 나머지 덴마크지역들은 서쪽에서 분할하고 있다. 전체 인구의 56%에 해당하는 유틸란트-핀의 서부 지역 290만 명에 대하여는 최근에 엘삼(Elsam)사(社)에 흡수된 여섯 개의 발전사업자들로부터 전력을 공급 받고 있다. 현재는 합병회사이지만 전(前)에는 여섯 개의 지방자치체와 협동조합 전력사업체와 발전소들이었다. 1999년에 Elsam은 167억 7200만 kWh를 생산하였는데 이중 139억 2700만kWh는 계통연계 주요발전소에서, 14억 1800만kWh는 수력발전소에서 그리고 그 나머지는 지역발전소와 풍력터빈에 의한 것이다.

다른 주요 덴마크 전력회사는 동부 덴마크에서 사업을 하고 있는 에네르기(Energi) E2이다. 이 회사는 2000년 1월에 EK 에네르기 파워 사, 코벤하른스 에네르기 프로덕션사 그리고 SK 파워 컴퍼니의 합병으로 설립되어 2000년 7월 4일에 사업을 개시하였다. Energi E2는 총 발전설비 용량 390만 kW를 보유하고 있으며, 또한 2,900 MJ/s(100만줄/초)의 열에너지를 공급할 수 있다. 이 회사는 일곱 개의 대형 발전소와 열 개의 소규모 발전소를 그리고 동부 덴마크에 열병합발전(CHP) 플랜트들을 운영하고 있으며

또한 스웨덴의 인달셀본의 20만kW의 수력발전 설비를 소유하고 있다. 이로써 Energi E2는 수력발전에 직접 액세스하는 유일한 덴마크의 전력회사가 되었다. 이 회사는 1999년에 129억 1000만kWh의 전력을 생산하였으며 31,177TJ(조(兆)줄)의 열에너지를 공급하였는데 이는 전력은 약 290만 호의 가정에 그리고 열 공급은 약 50만 호에 공급할 수 있는 규모이다. Energi E2의 최대주주들은 NESAs사와 그의 공동 파트너들(36.4%), 코펜하겐 자치시(34%), SEAS 트랜스미션사(15.92%), 노스-웨스트 시랜드 에너지 서플라이 컴퍼니(NVE) 및 공동 파트너들(7.94%) 그리고 프레데릭스베르 자치시(2.26%)이다. 오스트크라프트 파워사는 보른홀름에 전력을 공급하며, 자회사 멤버이다.

나. 1999년 총 발전량: 367억kWh

또한 덴마크는 소규모 CHP 발전소, 바이오 연료(주로 짚)와 풍력 에너지에 대한 개발계획이 활발하다. 이 나라 발전설비 용량의 약 95%는 2만 5천kW 용량을 초과하는 20개의 전력회사가 소유하는 보통 열과 전력을 생산하는 기력(汽力)발전소가 점유하고 있다. 이 나라는 약 65만kW의 큰 발전소가 2개소, 20만~40만kW가 15개소 그리고 10만~20만kW가 10개소 있다.

1999년의 덴마크의 합계 전력생산

량은 367억kWh로서 전년도에 합계 생산량 388억kWh보다 감소하였다. 실 수출량은 20억kWh이었으며, 1998년에는 순 수입량이 2억kWh였다. 전력회사 소유 발전소의 생산량이 전체 생산량 중 264억kWh를 점하였으며 민간 및 지방자치체 소유 CHP 발전소와 풍력터빈에 의한 발전량이 나머지 103억kWh를 점하였다.

다. 1999년의 총 소비량 : 346억 kWh

1999년의 덴마크 전력소비량은 송전손실을 포함해서 346억kWh로서 이것은 1998년의 324억kWh보다 약간 상승한 것이며, 지난 10년간 너무 높지 않은 전력소비의 연간성장률을 계속해서 견지하고 있는 것이다. 산업부문, 무역/서비스 부문과 주택용 고객들이 전체 소비전력량의 각각 약 30%를 그리고 농업부문이 나머지 10%를 점유하고 있다.

다른 EU국가들과 상이한 덴마크 전력생산의 한 가지 특징은 석탄의존율이 높다는 것이다. 그러나 덴마크 정부가 모든 사람들, 특히 전력회사들을 놀라게 한 것은 1997년초에 이산화탄소 배출을 제한하기 위한 조치로서 새로운 석탄화력 발전소의 건설을 금지한 것이다. 이와 같은 조치는 그 당시에 전력회사 발전설비의 약 90%가 석탄화력임을 감안할 때 장래의 덴마크의 전기요금과 충분한 전력공급력 확보에 큰 충격을 주었을 것

으로 보인다.

라. 열병합발전(CHP) 플랜트

덴마크의 비사업자 또는 민간 발전 사업은 정부가 세 가지 즉 풍력발전, 현지 열병합발전(CHP)과 사업체의 자가발전설비 등의 다양한 분산형 발전소를 지원한 결과로 이룩된 것이다. 덴마크는 사실상 국내 수력발전자원이 없다. 비사업자 발전설비 용량은 160만kW를 초과하였으며 가격에 대한 인센티브와 정부의 보조로 과거 10년간에 두 배로 성장하였다.

이 나라의 CHP 발전소는 국부(局部) 난방 총 에너지 소비의 40%를 그리고 전반적인 지역난방 시스템의 70%를 공급하기 때문에 덴마크에서는 중요하다. 덴마크의 첫번째 CHP는 병원시설을 위해 1904년에 코펜하겐에 건설되었으며, 4년 후에 고텔스게이드 발전소의 스팀을 현지 공공목욕탕에 파이프를 공급하기 시작하였다. 1920년대에 코펜하겐에 있는 몇몇 발전소는 지역난방 네트워크와 주로 큰 고객들에게 열을 공급하고 있었다. 현재는 지역난방의 80%를 규모가 큰 중앙발전소로부터 그리고 20%를 지역 발전소로부터 공급받고 있다. 그러나 후자의 시장점유율은 1995년 이후 거의 50%로 급속하게 상승하였다. 덴마크정부는 몇몇 예외를 제외한 미래의 모든 지역난방 시스템에 CHP발전소를(열 생산전용 플랜트의 반대 개념

으로서의) 이용하는 정책을 수립하였다. 덴마크는 전력부하가 감소되었을 때 CHP발전소가 가동을 중단시킬 수 있는 매우 큰 열탕(熱湯) 저장탱크의 설계와 이용에 있어서 세계적인 첨단 기술 보유국이다.

마. '에너지 21'

덴마크의 전력회사는 뒤엎히고 복잡한 국내 비즈니스 환경속에서 사업을 영위하고 있다. 정부는 에너지부문의 역할을 활발히 수행하여 "에네르기 2000"이라는 에너지계획을 수립하였고 1990년에 덴마크 의회의 승인을 받았다. 이 계획은 1996년 4월에 다시 보완되어 EU 에너지지령과 2030까지의 장기계획을 포함시킨 "에너지 21"이라는 에너지 계획으로 다시 작성되었다. 1996년 5월에 전기공급법의 개정안이 의회에서 승인되었으며, 여기에는 협의에 의한 3자의 네트워크 액세스를 통해서 도매경쟁과 소매경쟁을 도입하였다. 이 개정된 전기공급법은 덴마크로 하여금 EU지령을 받아들이는 것을 의미하는 것이지만 1차적으로 전력을 생산하는 CHP 플랜트에서 생산되는 열에 대한 자리 매김은 아직 미결로 남아 있는 것이다. 이것은 Elkraft 전력회사에게는 특별히 중요한 문제이다. 왜냐하면 함께 생산된 열의 약 90%가 "가장 중요한" CHP 발전소들에서 생산된 것이기 때문이다.

"에네르기 2000" 계획은 에너지부문을 최종 사용에너지의 효율향상, 전력 및 열 생산효율의 개선과 청결한 연료의 사용을 촉진토록 하고 있다. 2005년에는 이산화탄소 총 배출량을 1988년 대비 20% 감축토록 하며, SO₂ 및 NO_x 배출도 또한 감축토록 하였다. 교토(京都) 기후협약에 추가해서 덴마크는 2010년까지 CO₂ 배출량을 1990년의 25%를 감축하기로 하였다.

바. 바른 일을 하려는 전력회사들

저(低) CO₂ 배출과 무(無)탄소 발전기술을 개발하겠다는 이 약속은 그들이 석탄화력 발전에 의존하고 있으며, 그들의 가장 오래되고 가장 효율이 낮은 발전소들은 이미 폐쇄되었거나 폐쇄가 가까워지고 있다는 사실로 미루어 볼 때 덴마크에게는 특별히 어려운 과제가 될 것이다. 덴마크 전력회사들은 사회적으로 그리고 환경적으로 "바른" 일을 하려고 노력하고 있으며, 이 나라는 재생가능 에너지와 분산형 발전설비에 대한 시험을 하는 실험실의 성격을 가지게 되었다. 그러나 운영상에 있어서 바이오매스와 기타 "보다 청결한" 연료사용 증가에 대한 노력은 흥미로운 결과를 초래하였다. 다양한 국가적 연료 보조금과 산업 플랜트에 대한 30%의 특별보조금은 수십 개소의 아주 작은 분산형 고효율 CHP 발전소(대부분이 가스엔진을 채택하고 있는)들의 개발을 촉진

시키게 되었다. 이것은 결과적으로 매우 적은 수의 고객들에게 각각 전력을 공급하는 수많은 소규모 지방자치체 전력회사를 만들었다. 높은 열효율에도 불구하고 필요로 하는 전기와 열 배분 시스템 개발에 있어서 경제 규모는 매우 적거나 전연 없다.

덴마크 전력회사와 정부가 직면하는 대량전력 공급의 딜레마는 코펜하겐의 남서부 해안을 따라 건설되고 있는 최신기술의 결합체인 CHP 발전소 아베도레-2의 전설 같은 경험담이다. 1995년 12월에 Elkraft 이사회는 그의 첫 통합자원계획(IRP)인 플랜95의 일환으로 석탄과 가스를 사용하게 되는 아베도레-1의 최신형 버전 계획을 승인하였다. 그러나 1996년 6월에 덴마크 에너지청(DEA)은 SK 파워의 새 발전소 건설 신청에 대한 승인을 거부함으로써 과거에 계획한 오래된 발전소 3기의 폐쇄에 대한 문제를 다시 제기하게 만들었다. 뒤따른 재설계와 새로운 분석은 Elkraft로 하여금 의견교환을 재개하게 하였으며 가스 및 바이오매스 연소 발전소를 제안하게 만들었다. 이 계획은 1997년 3월에 승인을 받았다.

사. 덴마크 전력사업자들의 우려

이와 같은 운용상의 문제들 이외에 제도적인 문제들도 있다. 덴마크 전력회사들은 점점 더 그들의 사업규모와 특별한 재정적 및 환경적인 필요조건

들이 그들을 EU의 전기지령을 이행함에 있어 그들에게 불리한 조건으로 작용하지 않을까 우려하고 있는 것이다. 특별히 덴마크 전력회사들은 이 나라가 이미 자연적으로 남/북 전력의 “가교” 역할을 수행하고 있기 때문에 남쪽의 대규모—그리고 더 커지고 있는—독일의 전력시스템과 북쪽의 Nordel 그리드를 상대해서 그들의 경쟁적인 지위에 대하여 우려하고 있다.

역내에서는 핀란드의 포툼(Fortum), 독일의 E.ON 그리고 스웨덴의 바텐폴(Vattenfall) 등 세 개의 플레이어가 두각을 나타내고 있다. 이 나라들의 정부가 계속해서 Fortum과 Vattenfall의 소유권을 크게 행사하고 있는 동안에 그들의 상업적인 방향감각이 주목할 만하고 덴마크 전력회사들이 다른 곳에서 사업을 하는데 있어서의 법적인 무력(無力)함과 대조적이다. 따라서 관련된 이슈는 Elsam과 Elkraft로 하여금 해외에서의 발전소 운용을 허용하는 것으로 제도 설계된 전기공급법의 최근 수정 항목에 대한 EU의 조치이다. 이 새 입법은 또한 국내전력회사의 통합된 자원계획의 파이낸싱에 대한 분명한 법적 근거를 만들었다.

아. 오리멸전의 사용

광물자원이 전무(全無)한 덴마크의 전력회사들은 다른 산업에 적용가능한 연소(燃燒) 부산물의 재사용에 있어서 세계적인 기술개발의 선도자이

다. 이것은 매우 정교하고 통합된 에너지 및 광물/화학 공정 플랜트의 개발을 성취시켰다. 시설용량 130만 7천 kW인 Energi E2의 아스내스 발전소는 덴마크의 가장 큰 발전소이다. 제1호기가 1959년에 가동에 들어갔으며, 1981년까지 네 기의 발전기가 추가로 설치되었다. 아스내스는 전기의 생산뿐 아니라 칼룬트보르크 지자체에 대한 지역난방 열과 인근 산업체들의 공정에 필요한 열도 생산하고 있다. 아스내스는 당초에 무연탄을 사용토록 설계되었으나 현재는 상당한 양의 오리멸전을 연소하고 있으며 또한 유류도 연소할 수 있다. 오리멸전은 재(灰)가 적으나(0.25%) 재에는 니켈과 바나듐 혼합물을 함유하고 있다. Energi E2는 베네수엘라의 오리멸전 공급자인 비터와 계약을 하였으며, 비터는 재(灰)를 재구매하여 함유된 금속들을 산업목적에 사용하고 있다. 이 연료는 유황의 함유량이 상당히 많다. 이 유황은 1993년 10월에 준공된 이 나라에서 가장 큰 배연탈황(FGD) 시스템에 의해서 제거된다. 새 FGD-DKK 6억 5천만 달러가 투입된—로부터 발생하는 석고(石膏)는 인근의 월보드(壁板) 공장에 매각된다. 단일 흡수장치 시스템은 SO₂ 95% 제거효율을 가지고 있다.

자. 아마거 및 HC 오르스테드 발전소
덴마크의 다른 주요 발전소는 코펜

하겐 인근에 있는 Energi E2의 아마저가 포함되며, 이 발전소에는 13만 6천kW 발전기 두 기가 1971년과 1972년에 각각 준공되었고 25만kW 발전기 한 대가 1989년에 준공되었다. 아마저 발전소는 동부 덴마크 그리드에 전력을 공급하며, 열을 광역 코펜하겐 지역의 지역난방 시스템에 공급한다. 이 플랜트는 주로 석탄을 연소하지만 연료유를 사용할 수 있다.

멀지 않은 곳에 HC 오르스테드 발전소가 있는데, 이 발전소는 1920년에 첫 발전기가 준공되었을 당시 덴마크에서는 가장 큰 발전소였다. 이 발전소는 뒤이어 몇 번에 걸쳐 확장되었다. 이 발전소에는 1932년에 제조된 1만 2천kW의 맨(MAN) B&W 디젤엔진이 있으며, 아직 운전이 가능한 상태이다. 1994년까지는 석탄이 주(主) 연료였으나 광범위한 현대화사업으로 이 발전소는 이제 24만 9천kW 용량의 가스연소 CHP와 616MJ/s 규모의 가열 용량을 가지고 있다.

4. 전기요금 및 요금의 결정

덴마크의 전기공급은 법률에 의해서 비영리사업으로 규정되어 있으며, 전기요금은 전년도에 의거하여 다음 해에 대한 조정을 감안한 공급비용을 반영토록 하고 있다. 환경 및 에너지 장관에 의해서 임명되는 전기요금위원회가 요금과 기타 공급조건을 통제한다. 발전사업자와 배전사

업자간의 대량 전력공급에는 사용시간대 요금이 적용되며, 주택용 전기사용 고객들은 유사한 시간대 요금을 옵션으로 선택할 수 있다.

덴마크의 전력생산 코스트가 비교적 낮음에도 불구하고 그리고 과거 10년간 일반적인 조건이 거의 변경되지 않음에도 전기에는 높은 세금이 부과되고 있다. 덴마크 소비자들은 특별전기세, 이산화탄소세 및 유향세를 납부하고 있다. 이들 직접세에 덧붙여 모든 공급물은 25% VAT(부가가치세)의 과세 대상이다. 그러나 실제로는 VAT 기록을 가진 비즈니스에서는 CO₂ 세금의 대부분을 공제하여 코스트 충격을 낮추고 있다. 2000년 초에 연간 3,500kWh를 소비한 덴마크의 전기사용 고객들의 평균요금은 147.74 외레/kWh였으며 세금과 VAT를 제외한 요금은 53.29 외레/kWh이다. 연간 소비량 15,000kWh를 사용하는 경우의 해당금액들은 각각 129.15 외레/kWh 및 43.19 외레/kWh이며, 연간 사용량 250만kWh 또는 그 이상의 산업체 고객은 해당되는 금액이 각각 43.85 외레/kWh 및 37.55 외레/kWh이다.

5. 송전 및 배전

가. 연계되는 두 개의 네트워크

덴마크의 그레이트 벨트에 의해서 전기 네트워크는 두 개로 분할되어 있다. 현재 이들 두 개의 시스템은 연계

되어 있지 않으나 1992년 이후 이들의 연계가 심각하게 검토되었다. 1999년 9월에 마침내 Eltra는 20만kW의 연결을 발표하였다. 핀과 셸란 간에 연결이 이루어질 계획이며, 2001년에 운용이 가능할 것으로 예정되어 있다.

서부의 Elsam 그리드는 유럽 대륙 시스템과 동기 운전되고 있으며, 또한 고압직류(HVDC) 선로에 의해서 노르웨이와 스웨덴 두 나라와 연계되어 있다. 동부 그리드는 스칸디나비아 그리드와 동기 운전되고 있으며 외레순을 횡단하여 400kV 교류해저케이블 2회선으로 스웨덴과 연계되어 있다. 보른홀름은 현지 발전소로부터 공급받으며, 또한 스웨덴으로부터 6만kW AC 연계선로를 경유해서 동부 그리드로부터도 공급받고 있다. 주간(主幹) 송전선로는 400kV 및 132kV이며 총 변전용량은 6만 6251kVA이다.

나. KONTEK 400kV DC 링크

동부 덴마크 전력섹터의 장래는 북부 독일, 노르웨이 및 스웨덴의 전력 시스템과 더욱더 밀접하게 연결될 것으로 보인다. 질라드와 메클렌버그-보르폼메른을 연결하는 KONTEK 400kV DC 링크선로는 1995년에 시운전에 들어갔으며, 1996년 6월에 공식적으로 준공되었다. Elkraft와 독일의 VEAG 간의 거래합의서는 1996년 7월에 발효되었으며, Elkraft는 2006년까지 독일회사에게 35만kW까지 제

공하는 것으로 되어 있다. 이와 같은 때에 SK 파워와 스웨덴의 Vattenfall 사이에서 다른 합의서가 발효되었다. 이 합의에서 SK 파워는 북부 스웨덴의 일곱 개 수력발전소의 공동소유권을 얻었으며, Vattenfall는 아베도레-2의 공동소유주가 되었다. 이 합의는 또한 스웨덴회사에게 KONTEK 링크에 20만kW까지를 수송할 수 있는 권리를 주고 있다. 1996년 1월초에 노르웨이와 스웨덴의 전력교역이 개시되었으며, 같은 날 Elkraft는 전력교역을 할 수 있는 승인을 취득한 덴마크의 첫 전력회사가 되었다. 교역은 연중(年中) 계속되었으며, Elkraft 총매매의 약 20%가 여기에서 이루어졌다. 교역은 Elkraft에 의한 노르웨이와 스웨덴의 전력회사들과 단기 및 장기인 쌍방향 거래에 대한 보완적인 것이다. KONTEK 링크는 노르웨이와 스웨덴의 수력 및 원자력 시스템과 동부 덴마크의 화력 및 CHP 시스템 그리고 독일의 화력 시스템의 균형을 잡아주기 때문에 역내 전력회사들에게는 매우 중요한 것이다. 이것은 또한 스웨덴의 원자력발전소들이 계속해서 초기(早期)에 폐쇄되는 경우 주요 그리드의 조정에서 단계적으로 무엇이 절대적으로 필요한 것인가를 확실하게 해준다.

6. 민영화 및 구조조정

가. 새로운 전기공급법(ESA)

덴마크의 전력시장 개혁은 1999년 3월에 정치적인 현실이 되었으며, 그 해 6월에 해당법령이 제정되었다. 개혁 패키지에는 새 전기공급법(ESA)이 포함되어 있으며, 이것은 시장개방의 개시와 전력생산에 경쟁을 증가시키는 대책을 결합시킨 것이다. 놀랄 것도 없이 이 개혁프로그램은 지속 가능한 에너지개발, 엄격한 환경규제, 에너지정책에의 소비자 참여에 대한 계속적인 발전 촉진 그리고 송전 및 배전 시스템의 효율개선에 대한 대책 조항을 포함하고 있다. 새 ESA는 또한 1996년 EU 전기시장 지령을 이행한다. 따라서 2003년부터 모든 고객들이 완전히 그리드에 액세스하는데 관한 조항, 환경친화적인 전기 취급에 관련된 규칙, 코스트, 계획, 새로운 승인, 전기회사의 상이한 형태의 기능에 관련된 규정, 소비자 인풋, 에너지 기관 설립 및 기타에 관련된 규정들을 포함한다.

에너지문제에 대하여 덴마크는 대부분이 전통적인 협동조합적인 접근 방식을 유지하려는 데에도 불구하고 이 새 법은 몇 가지 획기적인 조항들을 가지고 있다. 아마도 가장 중요한 상업적인 이니셔티브는 요금규정이 비영리원칙에 엄격하게 기초를 두고 있는 것이 아니고 대신 소위 말하는 각 비즈니스 사업체를 위한 “수익 기본틀”에 의해서 결정된다. 따라서 덴마크사람들은 보다 효율적인 매니지

먼트와 자본의 활용을 확보하기를 희망한다. 1999년 여름 동안에 스칸디나비아의 전력가격이 급락하였을 때 재빨리 제정된 바와 같이 덴마크의 전력회사들은 그들의 재정적 책무와 각개 발전소에 대한 급전기준의 범위를 명확히 하여야만 하였다. 1999년 11월에 전력회사들은 각 발전소의 재정적 지위를 부분적으로 보증하는 보충적 합의에 도달하였다. 이 합의의 중요한 부분들은 환경친화적인 발전에 대한 지불조건과 부채 및 테이크-오어-페이 책무에 대한 발전소 의무의 열거 등이 포함되어 있다.

나. Energi E2의 탄생과 Elsam의 개혁

새로운 시장 시대가 서서히 덴마크 전력부문의 제도적인 기반을 변화시키고 있다. 가장 큰 사례는 Energi E2의 탄생과 Elsam의 개혁이다. 위원회는 먼저 Elsam을 생산회사와 송전회사로 분리하였다. 후자는 또한 유틸란트-핀 지역의 전반적인 시스템 운용의 책임을 맡게 되었으며, Elsam 시스템과 Elsam 프로덕션이 1997년 1월에 운영에 들어갔다. 그리고 위원회는 여섯 개의 생산회사들의 합병으로 Elsam을 만들어 2001년 1월초부터 발족토록 하였는데 이들 여섯 개 회사의 통합 연간 수입은 약 80억 달러이다.

몇몇 보다 작은 제도상의 변화도 있었다. 1999년 1월에 EnEon 엠바는 전 기회사 HOH와 엘살스크카베 VOH

의 합병으로 설립되었다. 이 전력회사는 계속해서 지방자치단체 소유로 남아있게 된다. 이 회사는 세 개 전력회사(EnCon Marked A/S, EnCon Net 및 EnCon Enterprise A/S)의 모회사로 운용된다.

다. 전력회사들의 합병

2000년 1월에 남부 및 동부 질란드와 팔스테르 및 툴란 섬의 아홉 개의 지방자치단체 전력회사가 스트로멘스 엘포르시닝 사로 합병되었다.

또 2000년 10월에는 질란드의 일곱 개의 현지전력회사들이 합병하여 에네르기 미트 포르시닝 사를 설립하였으며, 이 회사는 연간 전력생산량이 약 17억kWh에 이르게 되었다.

7. 새 발전소들

가. Elsam의 발전소

최근 Elsam의 두 기의 발전기는 “초초임계압 사이클”(USCC) 방식을 채택하고 있으며, 이것은 세계에서 가장 앞선 재래식 발전기이다. 1993년에 직접가열 능력을 가진 41만 2천kW 스팀세트 2기를 GEC 알스툼에 발주하였는데 이들 새 발전기는 스케르벡과 노르주란드에 각각 1997년과 1998년에 완공되었다. 이 더블 리히트 유닛은 285bar의 압력과 580°C의 온도에서 운전되어 열효율 49%를 달성함으로써 그 당시 세계 최고의 효율이었다.

노르주란드-3은 덴마크에서 완전한

공기오염 방지설비를 갖춘 첫번째 석탄연소 발전기로서 설계, 시설된 것이다. 보일러는 아르보르그 인더스트리스, 버메이스터 앤드 바인 그리고 볼룬드 에너지의 컨소시엄에 의해서 건설되었으며 저(低)NO_x 버너와 오버파이어 에어 시스템과 연도(煙道)가스 재순환 시스템을 갖추고 있다. 종말처리 기기는 FLS 밀요와 독일 배브콕이 제작한 것으로, 여기에는 하이더스트 선택적 촉매환원(SCR-배연 탈황관련 설비), 콜드사이드 전기집진기(ESP) 그리고 시약으로서 석회석 또는 초크(白堊)를 사용할 수 있는 습(濕) 배연탈황(FGD) 스크러버를 포함하고 있다. 스크러버에 의해서 생산되는 석고는 인근의 시멘트공장에서 사용된다. 세계에서 가장 최신식의 발전소는 아베로르-2로서 코펜하겐 남쪽에 Energi E2에 의해서 건설되고 있다. 이 새 발전소는 전력 57만kW, 열 생산 570MJ/s의 용량을 가지며, 2001년말에 가동에 들어가면 주로 천연가스와 바이오매스를 연소하게 된다. 이 새 블록은 1998년 11월에 롤스 로이스로부터 주문 받은 두 개의 최상급의 가스터빈을 포함하고 있다. 트렌트 기기로부터의 배출가스는 주(主) 유닛을 위하여 보일러 급수(給水)를 가열하게 된다. 천연가스의 연간소비량은 약 6억입방미터로서 히트유닛의 약 90%에 해당한다. 바이오매스는 연료연소의 약 10%를 차지하며 모두 육

로 운반되는 짚 약 15만톤/년(tpy) 또는 짚 12만tpy과 나무부스러기 5만 tpy로 개산(概算)된다. 유류는 보조용으로 사용될 수 있다. 이 유닛은 완전한 공기오염방지 설비를 갖추고 있다.

나. 코제너레이션 발전소

덴마크의 공익사업체와 전력회사들은 계속해서 소규모 및 중간규모의 코제너레이션 발전소를 설치하고 있다. 예를 들면 1997년 늦게 ABB는 단스크 솔트 사로부터 그의 마리아저 공장에 설치할 2만 9천kW 가스연소 콤파인드-사이클 발전소의 주문을 받았었다. 새 플랜트는 1998년에 가동되었으며, ABB 스텔의 2만5천kW GT10B와 5천500kW 스텔 스팀터빈으로 구성되어 있다. 스토크는 HRSG(배열회수 증기발생기)를 공급하였다.

덴마크는 또한 지방자치체 쓰레기소각에 의한 소규모 CHP플랜트를 설치하고 있다. 예를 들면 1999년에 AVV I/S는 새 5천800kWe 쓰레기를 에너지로(WTE) 유닛을 호령에 준공시켰다. 이 유닛은 버메이스터 앤드 바인(B&W)의 보일러와 ABB의 터빈/발전기(T/G) 세트를 설치하고 있다.

8. 재생가능 에너지 및 분산형 전원

가. 2003년까지 소비전력량의 20%를 재생가능에너지에서 공급
1999년에 폴케팅(덴마크 의회)은 2003년까지 이 나라의 전력공급의

20%를 재생가능 에너지로부터 생산한다는 계획을 심의하였다. 재생가능 에너지부문이 완전히 새 덴마크 시장 구조에 결합하려면 지원기구가 필요하다는 인식하에 정부는 새 전기합의서에 시장에 기초를 둔 재생가능 에너지 인증을 포함시켰다. 이것은 덴마크 에너지청(DEA)의 2000년 1월 보고서에 기술되어 있다. 이 보고서는 이 시장을 2002년 내에 시작되어야 하는 것으로 추천하고 있다. 시장에 대한 선행 조건은 공급자 등록과 재생가능 에너지에 의한 전기의 거래소 설치이다.

덴마크는 의문의 여지없이 풍력에너지 플랜트 제작의 개발에 있어서 세계적인 선두주자이다. 그러나 새로운 발전소는 위치선정이 점점 더 어려워지고 있으며, 전력회사들은 또한 수요가 높은 때에 풍력이 없어지는 어떤 시점을 대비해서 대규모의 재래식 발전소에서 동등한 용량의 유닛을 순동(瞬動)예비력(스피닝 리저브)으로 확보시켜야만 한다고 지적한다. 덴마크 풍력터빈제조협회 통계에 의하면 평균적인 풍력조건인 경우 2000년 덴마크 전력소비의 13%를 풍력에너지가 제공할 것으로 기대되고 있다. 2003년에는 이 비율이 약 15%로 증가할 것이며, 협회는 2030년에는 근해(近海)에 400만kWe의 윈드팜이 건설되기를 희망하고 있다. 1999년말 현재 덴마크는 5,600개의 풍력터빈에 의한 177만 1천kW의 설비용량을 보유

하고 있다. 덴마크 풍력에너지의 약 85%가 협동조합 또는 전력회사 소유 기기의 나머지부분을 갖는 개인 소유의 풍력터빈에서 공급된 것이다. 연간 생산전력량의 3분의 2는 과거 4년간에 건립된 풍력터빈의 3분의 1로부터 공급되고 있다.

나. 해상(海上) 풍력발전소의 추진

전반적인 통계는 국내 풍력발전산업이 1990년대 후반까지 건설하게 확대되고 있음을 보여주고 있으나 이것이 지속적이지 못하다는데 문제가 있다. 일례를 들면 덴마크 풍력터빈제조협회의 통계는 과거 3년간에 설치된 기계의 평균 전력생산량이 그 생산성에 있어서 연간 5%의 증가를 보여준 후 하강곡선을 그리고 있음을 보여주고 있는데 이것은 위치의 선정이 더욱 어려워지고 있기 때문인 것으로 여겨지고 있다. 보다 더 중요한 것은 풍력에너지의 가격결정이 교착상태에 빠져 있는 것이다. 사실은 전기개혁법안의 일부로서 1998/99년에 협상한 임시요금은 2001년에 기한이 만료되며, 2000년 동안에 덴마크의 2000년 또는 2001년 납기의 터빈은 단 한 대도 발주되지 않았다. 덴마크사람들이 생각하기에 이 산업에 관련한 결정적인 문제는 덴마크가 재생가능 에너지에 대하여 세계에서 가장 복잡한 지원방식을 가지고 있다는 사실이다. 장래의 계약, 풍력터빈의 옵션에 요구되는 파

이낸싱 모델과 이행 본드는 대부분의 협동조합과 개인을 시장으로부터 몰아낼 것으로 생각하고 있다.

덴마크가 그의 풍력발전 확장 목표에 접근할 수 있는 단 한 가지 방법은 해상(海上)으로 진출하는 것이며, 현재 첫 단계로서 전력회사들이 2008년 말 이전에 75만kW의 발전설비를 갖추는 것을 목표로 하고 있다. 이 합의서에 연관된 당사자들은 해상 풍력발전 프로젝트에서 운전원의 경쟁적인 위치에 대한 부정적인 코스트충격을 최소화하고 더 나아가서 전기사용 고객들의 부담을 가능한 한 적게 하는데 노력할 것에 합의하였다. 해상 풍력발전소의 전기요금 조정은 미래를 위하여 보류되었다.

다. 미들그룬텐 해상 프로젝트

정치인들과 정부당국자들이 요금결정과 기타 시장특성에 대하여 협의하고 있는 중에, 덴마크 회사들은 2000년말 준공예정이었던 세계에서 가장 큰 해상 윈드팜인 미들그룬텐의 건설에 박차를 가하고 있었다. 이 플랜트는 코펜하겐 항(港) 밖 2km의 수심 3~10m의 얕은 물 사이트에 2000kW 베스트아스 터빈 20기로 구성되어 있다. 이 윈드팜은 협동조합인 미들그룬텐 빈드몰레라우그와 코벤하븐스 에네르기가 50:50의 지분으로 소유하고 있으며 기대되는 연간 전력생산량은 8100만kWh이다.

어떤 면에서 해상 사이트를 정하기는 육상 작업에 비해서는 보다 단순하지만 미들그룬덴 프로젝트는 모든 문제에 대한 학습의 과정이었다. 1998년에 코펜하겐 환경·에너지청(CEEQ)은 코펜하겐 주변의 잠재적 풍력지도(風力地圖) 작성을 개시하였으며 작업 그룹을 조직하였다. 대략 같은 시기에 현지 전력회사들은 정식으로 사업수행 타당성조사를 시작하였으며, 2년간의 협상과 정치적인 활동의 결과로 협동조합과 전력회사간의 계약이 성립되었다. 1997년에 DEA는 이 사이트에서 운전의 기술적인 그리고 환경적인 양상을 조사하기 위해 DKK 510만을 무상 제공하였다. 이 자금의 일부는 이 프로젝트의 협동조합 소유 부문에 대한 조직적 및 경제적 양상을 분석하는데 사용된다. 왜냐 하면 협동조합은 그와 같은 연구를 그들 자신이 수행할 입장에 있지 못하기 때문이다. 시공업체인 몬버그 앤드 토슨(M&T)에 의한 공사는 2000년 중반에 시작되어 연말경에 완료되었다. 엔지니어링과 프로젝트 매니지먼트는 SEAS에 의해서 조정되었다. 이 윈드파크는 약 15m 깊이의 2만kVA 케이블 2회선에 의해서 아마저 발전소의 변전설비를 경유해서 그리드에 연결되었다. NKT 케이블이 이 그리드 연결 계약을 수주하였다. 미들그룬덴의 총공사비는 DKK 3억 4400만으로 개산(概算)되고 있다.

라. 또 다른 대규모 해상 윈드팜 프로젝트

2001년 2월에 Elsam과 DEA는 Elsam이 2002년 여름에 2천kW Vestas 터빈 80기를 건립할 계획으로 있는 혼스 레브의 실질적으로 보다 큰 해상 윈드팜 프로젝트 추진을 위하여 필요한 자금공급 조건에 대한 합의에 도달하였다. 합의내용에 의하면 80개의 터빈에서 생산되는 전력은 전력시장에서 논-프라이오리티 프로젝트로서 판매됨으로써 현재 약 46% 수준인 프라이오리티 프로젝트로서의 증가를 회피하게 되는 것이다. 재생가능 에너지 보증서에 덧붙여 Elsam은 전 부하의 고정된 시간수의 전력생산에 대하여는 0.33DKK/kWh의 가격을 보장받고 있다. 일단 약 10년 이내에 일어날 수 있는 전부하 시간이 소비되면 어떤 가격특혜는 없게 되고 혼스 레브의 생산전력은 시장가격에 의해서 팔리게 된다.

해당 풍력터빈과 바이오매스의 활용은 두 가지 모두 덴마크의 CO₂ 국가목표와 이 나라의 교토 국제기후협약 두 가지 목표에 도달하는데 있어 중요한 요소이다. 왜냐 하면 이들 두 가지 기술이 덴마크의 CO₂ 배출을 6% 감소시킬 수 있는 것으로 기대되고 있기 때문이다. 부문 개혁에 대한 1999년 합의의 일부로서, 2005년말까지 발전에 사용되는 바이오매스를 연간 150만톤까지 증가시키는데 합의하

였다. 이것은 합의에 포함된 당사자들에게 2003년 말까지 두 개 내지 세 개의 대형 바이오매스 플랜트 건설을 필요로 한다.

마. 짚 연소 발전소와 태양광 전기 시스템

덴마크의 전력생산자들과 열(熱) 생산자들이 선택한 바이오매스는 농업생산에서 발생하는 짚(Straw)이다. 1993년 6월에 정치인들은 2000년까지 덴마크의 발전소들이 연간 120만톤의 짚과 20만톤의 나무부스러기(廢材칩)를 연소시키는데 합의하였다. 복잡한 합의사항에 따라 전력회사들은 짚을 농업용 사용자들이 사용하는 것을 제외한 파잉 공급분만을 사용하는 것을 시도하였다. 그러나 1993년에는 이 잉여분이 거의 없었으며, 그레나와 마브저그버케트에 있는 새 발전소들은 필요한 짚의 겨우 절반밖에 얻지 못하였다. 실제로 Elsam은 얻을 수 있는 짚의 양은 해마다 크게 변화한다는 결론에 도달하였다. 그럼에도 불구하고 새 짚 연소 발전소는 발주되었고 건설되었다. 예를 들면 1998년 3월에 SK 파워는 FLS 밀요로부터 9300kW 짚연소 발전소를 발주하였다. 이 발전소는 버메이스터 앤드 바인(B&W)의 보일러와 ABB의 T/G 세트를 설치하게 된다. 이 발전소는 2000년에 가동에 들어가며 사크스코빙 및 마리보 지방자치체에 전력과 지역난방을 공급한다.

또한 위도(緯度)상 북부에 위치하고 있어 태양광을 별로 받지 못하기 때문에 태양력개발에 이상적인 환경이 분명히 아닌데도 불구하고 덴마크 회사들은 이 분야 기술에 상당한 투자를 하고 있다. 예를 들면 2000년 6월에 포탐의 자회사인 냅스 시스템스는 코펜하겐의 현지 공동주택협회에 네 동의 아파트빌딩 정면에 설치할 태양광 패널을 공급하였으며 쇠신프로그램의 일부로서 패널을 설치하였다. 각 시스템의 전력생산용량은 약 5kW이며, 이 출력은 환기서비스에 사용하고 있다. 코펜하겐스 에너지는 또한 냅스로부터 카스트럽 공항의 한 빌딩에 24.8kW 그리드연계 태양전기시스템을 구입하였다. 이 솔러 시스템은 210 평방미터의 100W 패널 248개와 10개

의 인버터로 구성되어 있다. 출력은 옥내 조명에 사용된다.

바. CO₂를 그린하우스에 공급하는 시스템

과거 몇 년 동안 덴마크에서는 많은 분산형 및 재생가능 에너지 발전소가 건설되었다. 최근의 대표적인 프로젝트는 마스네도 가트너리어 사의 두 개의 25GS 발트실라 가스엔진을 갖춘 6000kWe 그린하우스 CHP이다. 이 플랜트는 이 회사의 두번째 CHP로서 CO₂를 그린하우스에 제공하는 그린 NO_x 시스템을 포함하고 있으며, 1999년 초에 가동에 들어갔다. 이것은 토마토 생산을 30% 증가시키게 될 것으로 기대되고 있다.

2000년 10월에 캐터필러는 브라밍 페른바르메 엠버로부터 첫 번째

G16CM34 가스엔진의 착수 주문을 받았다. 이 5940kW 엔진은 지방자치체 전력회사의 네번째 CHP 엔진이며 현지 히팅 시스템과 그리드에 전력을 공급하게 된다. 이 플랜트는 그해 말에 가동에 들어갔다.

9. 장래의 전망

성공적이며 교육을 잘 받은 국민들과 최신형 발전소와 환경오염방지 설비 건설에 대한 명성을 지닌 덴마크의 전력회사들과 전력기기 공급자들은 EU의 단일시장에의 과도기를 건전한 상태로 맞게 될 것이다. 연간 전력수요 증가율이 단지 1%로 추정됨에도 불구하고 전력회사들은 그들 비즈니스에 상당한 수준의 투자를 계속하고 있다. 덴마크는 전통적으로 독일, 노르웨이, 스웨덴 그리고 발트 국가들—그리고 러시아와 폴란드까지 포함해서—강력한 유대관계를 지니고 있기 때문에 그렇게 할 수 있도록 허용된다면 덴마크 회사들은 그들의 비즈니스 영역을 넓혀 나갈 수 있는 많은 기회가 있음이 분명하다. 그리고 다른 나라들은 덴마크의 그들의 퓨얼 믹스(연료 구성비)에서 재생가능에너지에 의한 전력생산 자원의 마켓 세어를 성장시키고 있는 근면한 노력의 결과를 지켜보게 될 것이다. ■

(자료: udi 「Country of the Month」, 2001. 5. 10)

