



일본—소형 자가발전기로 마이크로 가스터빈 개발 열기

1. 초소형 가스터빈의 개발 러시

최근 구미(歐美)에서는 초소형(超小型) 가스터빈(이하 마이크로 가스터빈)의 개발이 활발하다. 100kW 이하의 전력을 자가발전(自家發電)하는 이를테면 작은 발전소라고도 말할 수 있는 장치로서 전력사정이 그다지 좋지 않은 지역의 작은 사무실용 빌딩이나 음식점 등에서의 이용을 전제로 하고 있는 것이다.

현재 미국의 얼라이드시그널 산하(傘下) 파워시스템스(캘리포니아 주) 등 구미의 네 개 사(社)가 실용기(實用機) 개발에 격전(激戰)을 벌이고 있다. 여기에 추가해서 일본의 메이커를 포함하는 몇 개 사도 개발경쟁에의 참전(參戰)을 서두르고 있다.

2. 발전효율이 높은 가스터빈

가스터빈은 터빈이라고 불리는 날개바퀴를 고온·고압 가스의 흐름으로 회전시키면서 발전하는 장치이다. 작동원리를 보면 터빈축(軸)에 연결한 컴프레서(압축기)를 회전시켜 가스터빈의 연소기에 불어넣는 공기를 고압으로 압축하여 연소기에 대량의 공기(산소)를 불어넣어 격렬(激烈)하게 연소시킨다. 이 고압가

스의 흐름으로 날개바퀴를 회전시켜서 발전하는 것이다.

일반적인 발전소는 증기(蒸氣)터빈 또는 증기터빈과 가스터빈을 조합한 복합시스템을 이용하고 있다. 증기터빈도 가스터빈도 고온·고압가스의 흐름에 의해서 터빈의 날개바퀴를 회전시켜 터빈과 회전축을 연결한 발전기를 터빈의 회전력으로 돌려서 전기를 만들고 있다. 회전기구라는 심플한 구조이기 때문에 발전효율이 높은 것이 터빈의 특징이다.

종래의 가스터빈은 출력이 200~300 MW(1MW는 100만W)나 되는 초대형의 발전용이나 수십 MW의 소형 항공기용, 비상용 전원 등이 주된 용도였다. 모두 특정용도를 위한 주문 생산으로 제조되는 고성능의 하이테크 장치이다. 그러나 설비코스트가 높으며, 전문가가 정기적으로 메인テナンス할 필요가 있다.

3. 분산전원(分散電源)으로서의 마이크로 가스터빈

여기에 대응해서 마이크로 가스터빈은 양산설계에 의해서 설비코스트가 대폭으로 억제된다. 메인テナンス를 위한 코스트도 저렴해질 뿐만 아니라 경우에 따라서는 메인テナンス 코스트가 전혀 필요 없게도 할 수 있다고 한다. 그 결과 값싼 전

력을 얻을 수 있다는 시나리오가 그려지고 있는 것이다.

미국에서는 마이크로 가스터빈을 장착한 초소형 발전장치를 슈퍼마켓이나 대형 컨비니언스 스토어, 병원, 호텔, 집합주택 등의 소규모 시설에 대한 분산(分散)전원으로서 보급시킨다는 계획을 갖고 있다.

그 선두 주자는 이미 출현하고 있다. 미국 시카고 시의 오헤어 국제공항 인근의 맥도널드 점(店)이 마이크로 가스터빈의 발전장치 한 대(얼라이드시그널·파워시스템스 제품)를 설치하여 성능을 평가중이다.

4. 저렴한 가격으로 보급 기대

이 마이크로 가스터빈의 첫번째 특장은 장치의 인도가격이 발전능력 1kW당 300~450달러(3만 6000~5만 4000엔, 1달러=120엔으로 환산)로서 싸다는 것이다.

예를 들면 30kW의 발전장치인 경우 9000~1만 3500달러 즉 단순 계산으로 100만엔대(臺)면 살 수 있다는 것이다. 1대당 일백수십만 엔의 가격이면 시험삼아 구입해 보자는 생각을 일으킬 수 있을 것이다(또한 장치가격은 양산효과를 전제로 마이크로 가스터빈을 개발하는 메

이커 자신이 시산(試算)한 가격이다). 따라서 마이크로 가스터빈이 주목을 받는 것은 충분한 이유가 있는 것이다.

5. 양질의 전력생산 기대

특히 미국에서는 일본과 달리 전력의 "질(質)"이 좋지 않다고 알려져 있다. 지역에 따라서는 상용주파수가 변동한다든지 노이즈(잡음)가 비교적 많을 뿐만 아니라 최악의 경우에는 정전에 이르기까지 한다. 이와 같은 정전에 대한 리스크 방지책으로서 마이크로 가스터빈 발전장치가 기대되고 있는 것이다.

도쿄(東京)전력 기술개발본부 개발계획부의 후쿠야마(福山) 개발계획그룹 부장(副長)은 「마이크로 가스터빈 발전장치에 전력제어용의 인버터가 탑재되어 있기 때문에 그대로 상용전원과 같이 사용할 수 있는 것이 포인트이다」라고 말한다. 인버터의 대폭적인 발전이 가스터빈을 이용하는 발전장치의 보급을 촉진하고 있는 것이다.

6. 전력사정이 나쁜 아시아 지역이 공략 대상

만일 마이크로 가스터빈의 시험평가가 미국의 발전코스트와 견주어서 균형이 맞지 않는다는 결과가 나온다면 하더라도 미국기업이 전원(電源) 사정이 나쁜 아시아에 진출하는 경우에는 큰 무기가 될 것이다. 그렇게 전망하고 있기 때문에 마이크로 가스터빈 발전장치의 개발열기가 고조되고 있는 것이다.

일본에서는 가스터빈이 배(排)가스의 청결도(清潔度)가 높다는 점에 주목을 하고 있다. 특수한 연소기술을 사용함으로써 NO_x(질소산화물)의 배출량을 10~25ppm(1ppm은 100만분의 1)으로 억제할 수 있는 점이 매력의 하나이다. 더욱이 환경 친화적이라는 특징을 강조하는 캐치프레이즈로 종래의 가스터빈을 이용한 코제너레이션 시스템의 도입이 시작되고 있다.

마이크로 가스터빈 개발의 선두 집단 중에서 특히 주목의 대상이 되고 있는 것은 미국의 캡스톤·터빈(캘리포니아 주)이다. 콤팩·컴퓨터의 벤 로젠 회장이나 마이크로 소프트의 간부 등이 마이크로 가스터빈을 사용한 초소형 발전장치시장이 급성장할 것을 기대하고 개발자금을 제공하였다고 해서 화제가 되고 있다.

캡스톤 터빈은 실은 원래 얼라이드시그널 파워시스템스의 연구개발자가 회사를 뛰쳐나와 1988년에 설립한 벤처기업이다.

이 외에 영국의 보만 파워시스템스와 미국의 NREC(뉴햄프셔 주)의 두 사(社)도 마이크로 가스터빈을 이용한 초소형 발전장치의 개발에 여념이 없다. 보만 파워시스템스는 영국 엘리오프의 가스터빈을 발전장치로 만들어내는 벤처기업이며, NREC는 미국 기계 거대기업인 잉기술 랜드의 자회사이다.

7. 연료는 액화천연가스(LNG)

구미의 마이크로 가스터빈 발전장치

메이커(패키저)는 양산(量産)을 사업화의 전제로 하고 있다. 그런 까닭에 이미 대상으로 하고 있는 미국시장에 추가해서 일본에 대하여도 강력하게 판매전략을 구사할 것을 기도하고 있는 것이다.

마이크로 가스터빈의 연료는 액화천연가스(LNG) 즉 도시가스이다. 따라서 도시가스 사용자가 마이크로 가스터빈을 사용하게 될 것으로 예상되기 때문에 가스 사업자가 관심을 높이고 있다. 도시가스의 수요증가가 전망되기도 하기 때문에 도시가스 사용자가 어떤 장치를 어떻게 사용할 것인가를 확인할 필요도 있는 것이다. 그래서 도쿄가스는 1999년 7월부터 함께 3사(社)의 마이크로 가스터빈 발전장치의 평가시험을 시작하였다.

8. 평가시험의 실시

「평판대로 발전능력이 나오는가, 발전코스트는 어떠한가, 연속운전에 견디는가 등 다각도로 성능을 평가한다」라고 에너지기술부의 미우라(三浦) 엔지니어링 센터장은 말한다. 평가시험은 도쿄 아라카와구에 있는 테크노스테이션에서 실시하고 있다.

평가시험의 제1호기는 얼라이드 시그널 파워시스템스의 초소형 발전장치 「터보-제너레이터」 시리즈의 75kW 기(機)이다. 7월에 75kW급 발전장치를 인도, 시운전을 거쳐 성능평가시험을 계속하고 있다. 8월부터는 제2호기로서 미국 캡스톤 터빈의 28kW급 발전장치를 인도하



고 평가시험을 개시하였다. 9월에는 영국 보만 파워시스템스의 45kW급 발전 장치도 구입하여 평가한다.

평가시험의 제4호기가 될 미국 NREC (뉴햄프셔 주)의 70kW 기(機)는 현재 NREC가 시작기(試作機)를 몇 대 만들어 시험중인 개발도상품이다. “실용 시작기(試作機)”가 판매 되는데로 「구입하여 평가시험을 할 예정」이다.

9. 전력회사의 관심

도쿄전력도 캡스톤·터빈의 28kW 기(機)를 구입하여 9월부터 성능평가시험을 개시하였다. 또한 얼라이드시그널 파워시스템스의 상용기(商用機)도 발주가 끝났으며, 납품 되는데로 성능평가를 시작할 예정으로 있다. 현재 상용기의 개발은 약간 지연되어 당초 10월경의 납품 예정이 지연될 전망이다.

도(東)가스가 현재 평가시험을 하고 있는 얼라이드시그널·파워시스템스사의 75kW 기(機)는 상용기의 1모델 전(前)의 개발기이다. 도쿄전력은 시장에 판매되는 상용기의 완성을 기다려서 구입·평가할 예정이다.

도쿄전력은 전력사업자로서 「자가발전 등 발전 메뉴의 종류에 대한 검토와 발전장치로서의 성능이나 사용방법 등을 조사하기 위한 평가시험을 실시한다」라고 도쿄전력의 후쿠야마 개발계획그룹 부장(副長)은 말하고 있다. 평가시험 장소는 요코하마(横浜)시에 있는 기술개발 센터이다.

캡스톤의 28kW 기(機)를 사용한 평가시험은 미국 EPRI(미국 전력중앙연구소)와의 공동프로젝트의 일환으로 타사(他社)의 평가시험 데이터와 함께 데이터를 폭넓게 수집·분석할 계획이다. 이 연구프로젝트에는 미국의 전력회사 등 20여개사가 참가하고 있다.

가스사업자로서는 도(東)가스에 이어 오사카(大阪)가스나 도호(東邦)가스 등, 전력사업자로서는 칸사이(關西)전력과 추부(中部)전력이 평가시험에 적극적으로 나설 것으로 보인다. 각각 마이크로 가스터빈의 발전장치를 구입하여 평가시험을 실시할 계획이다.

10. 양산체제로 가격의 저렴화 추구

플랜트 메이커인 타쿠마, 에바라(荏原), 히타치(日立)제작소 등도 구미의 마이크로 가스터빈 발전장치를 구입하여 성능평가를 하고 있는 것으로 보인다. 타쿠마는 캡스톤·터빈과, 에바라는 보만 파워시스템스 사(社)와 간접적으로 판매대리점 계약을 맺고 있다는 것이 평가시험을 하게 된 하나의 원인으로 생각된다. 에바라는 엘리오트 사(社)를 사이에 두고 관계를 가지고 있다.

마이크로 가스터빈의 선두주자 메이커들은 연산(年産) 수만대의 양산규모로 지금까지의 상식을 뒤집는 저렴한 장치 가격을 실현시키려고 하고 있다. 예를 들면 「얼라이드시그널·파워시스템스는 2003년까지 3만 대의 양산」을 계획하

고 있다고 「터보-제너레이터」 시리즈의 총대리점인 도쿄(東京)무역의 동일본(東日本)사업 컴퍼니의 타카세(高瀬) 기술고문은 말하고 있다.

11. 일본에서는 코제너레이션에 사용 기대

미국에서는 설비코스트가 저렴한 분산형의 초소형 발전장치로서 보급될 가능성이 있다. 한편 일본에서는 코제너레이션 장치로 변신(變身)시키지 않으면 코스트면에서 균형이 맞지 않을 것이라는 전망이 강해지고 있다.

가스터빈의 배(排)가스는 열탕(熱湯)이나 증기를 만들 수 있는 정도로 고온이기 때문에 배가스에너지를 열교환기로 회수하는 코제너레이션 장치를 도입하여 투입된 에너지를 철저히 활용하여 채산을 맞추려는 태세(態勢)인 것이다. 코제너레이션 장치로서 「설비 코스트는 경쟁하는 가스엔진, 디젤엔진과 동등하거나 보다 저렴해진다」라고 타카세 기술고문은 말한다.

도(東)가스는 코제너레이션으로 만들기 위하여 「기존의 열교환기를 개량하여 대응할 방침」이다.

보급을 지향하는 마이크로 가스터빈은 항공기의 보기용(補機用)이나 군사용 등으로 정평이 있는 소형 가스터빈의 기술을 채용한다든가 자동차의 터보차저(과급기(過給機))로 얻은 양산기술을 채용하는 등의 전략으로 대폭적인 코스트 다운을 도모하고 있다.

12. 코스트다운을 위한 여러 가지 방안

예를 들면 얼라이드시그널·파워시스템의 75kW급 발전장치는 터빈 입구 온도를 915~930℃로 종래에 비하여 그렇게 높지 않은 온도를 채택하고 있다. 그리고 가스터빈도 너무 고온이 아닌 800~900℃의 범위에서 사용하는 터보차저의 터빈 등의 니켈계 내열합금을 이 가스터빈의 터빈 등에 적용하고 있다. 베어링에는 윤활유를 흘리는 유로(流路)가 불필요한 단순한 기구의 에어베어링(공기 축수(軸受))을 채용하여 코스트다운을 도모하고 있다. 에어베어링은 종래의 오일 윤활식에 비하여 윤활유 관리가 필요 없는 등 메인テナンス가 간단해지는 이점도 생긴다.

얼라이드시그널·파워시스템 등은 마이크로 가스터빈의 본체(本體)부분을 카트리지에 수납하여, 일정기간마다 그대로 교환하는 방식을 적용하여 메인テナンス가 필요없는 제품을 고려하고 있다. 사용자들에게는 성가신 일상 점검을 하지 않아도 되므로 번거로움이 없어진다.

13. 토요타 자동차의 개발계획

한편 토요타 자동차도 마이크로 가스터빈의 개발에 적극적으로 나서고 있다. 토요타는 버스 등에 탑재하는 자동차용 소형 가스터빈의 개발을 계속하여 왔다. 그 개발팀을 투입하여 소형 가스터빈 사업을 취급하는 자회사로서 1998년에 토

요타 터빈 앤드 시스템을 설립하였다. 현재 자동차 탑재용으로 개발한 기술로 「50kW와 300kW의 2 종류의 마이크로 가스터빈을 개발중이다」라고 오카하야시(岡林) 전무는 말한다.

1999년 7월부터 도(東)가스, 오(大)가스, 도호가스의 3사는 공동으로 토요타의 300kW급 마이크로 가스터빈의 성능평가를 시작하였으며 현재는 배열(排熱)회수용의 열교환기 없이 성능을 시험하고 있다.

14. 다른 메이커들의 참여 러시

토요타 이외에도 항공기용 소형가스터빈 기술로 정평이 있는 이시카와지마하리마(石川島播磨)중공업이나 가와사키(川崎)중공업도 마이크로 가스터빈에 진출할 공산(公算)이 크다. 특히 자동차용 터보차저의 메이커인 이시하리(石播)는 이미 개발에 착수하였다는 소문이 강하게 나돌고 있는 정도이다.

일본기계학회가 마이크로 가스터빈의 조사위원회를 설치하였는 바, 유력 기계메이커들이 잇따라 여기에 참가하고 있다. 마이크로 가스터빈 본체(本體)나 열교환기의 사업화를 겨냥하고 있는 것으로 관측되고 있다.

일본 국내에서 마이크로 가스터빈 이용의 발전장치를 보급하는 데는 몇 가지 장애물이 있다. 그 첫째는 전기사업법에서 가스터빈 발전장치를 사용하려면 국가자격이 있는 관리자(보일러·터빈 주임기술자)를 두도록 의무화하고 있는 것이다.

이것은 가스터빈이 대형 산업용을 예상한 보안상의 규정으로서 보급형의 출현을 예상하고 있지 않은 시기의 법률인 것이다. 이 법률을 준수하면 인건비가 높아져서 보급하기 어렵다고 관망하는 것이 일반적인 견해이다. 현재 일본 가스협회 등을 통해서 보안협회 등 외부에 위탁할 수 있는 등의 규제완화를 요청하려는 태세이다.

15. 전력계통에 연결사용시의 문제점

기술면에서는 사용방법의 문제가 있다. 마이크로 가스터빈을 이용한 초소형 전원(電源)을 전력회사의 전력계통에 결합하는 문제이다. 개인 주택용의 솔라 패널 이용자가 잉여전력을 팔고 부족분은 전력회사로부터 구입하는 이미지에 가깝다.

이미 전력계통에 다수의 극소형 전원이 연결되었을 때에 일어나는 사태에 대비한 조사가 시작되고 있다. 예를 들면 전력중앙연구소는 복수의 초소형 발전장치가 전력계통에 연결됨으로써 발생하는 문제를 비롯하여 전력사정이 흑심(酷甚)할 때와 역으로 여유가 있는 경우의 변동 등 「섬세하고 치밀한 시뮬레이션을 실시하고 있다」라고 요코스가(横須賀) 연구소의 하마마쓰(浜松) 부소장은 말한다. 마이크로 가스터빈의 보급으로 지금까지 예상하고 있지 않았던 소형전원장치의 전력계통에의 영향을 다각적으로 조사할 필요가 있다.

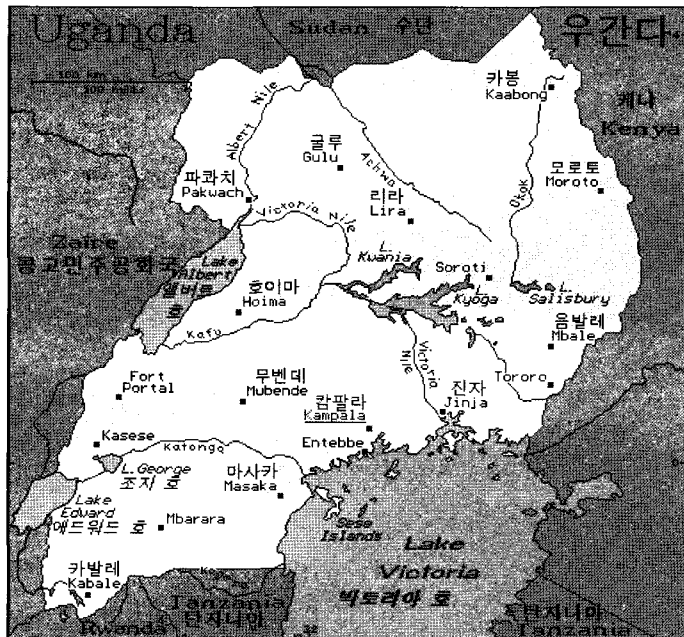
(자료: 「닛케이 비즈니스」 1999.9.27.)



우간다의 전력사업 현황

1. 개요

- 국토 면적 : 23만 6040km²
- 인구 : 1974만 1천명
- 수도 : 캄팔라
- 기타 도시들 : 엔테베, 진자
- 언어 : 영어, 스와힐리
- 통화 : 우간다 실링
- 환율(미 달러대) : 1029.6
- 국민총생산(GNP) : 58억 2600만 달러
- 주파수 : 50Hz
- 전압 : 240V
- 1인당 전력소비량 : 33kWh



2. 일반 사항

가. 풍부한 담수(淡水) 자원

많은 인구와 전략적인 위치 때문에 우간다 공화국은 북부 중앙 아프리카에서 가장 중요한 나라들 중의 하나로 꼽히고 있다. 우간다는 북쪽으로 수단, 동쪽으로 케냐, 남쪽으로 르완다와 탄자니아 그리고 서쪽으로 콩고 공화국과 국경을 접하고 있다. 비록 육지로 둘러싸여 있으며 인도양으로부터 약 800km나 떨어져 있지만 우간다는 조지와 키오가 호(湖) 전체를 그리고 알버트, 에드워드 및 빅토리아 호의 일부분을 그리고 빅토

리아 호의 발원지로부터 수단 국경의 니물레까지의 나일 강의 상류부분 등을 포함하는 풍부한 민물자원을 가지고 있다. 이 나라는 남부의 울창한 삼림지대와 북쪽의 대초원(大草原) 그리고 남서쪽으로 르웬조리 산맥의 5,100m의 마르케리타 산을 정점으로 하는 고원지대 등을 포함하여 지세(地勢)와 생태학적인 특징이 매우 다양하다. 적도상(赤道)에 위치하고 있음에도 불구하고 우간다는 그 표고(標高)에 따라 온화한 기후를 가지고 있다.

우간다 국토는 19세기 중반까지는 비

교적 고립되어 있었다. 1870년대 초에 영국의 개척자들과 상업대표자들이 차츰 이 지역에 침투하기 시작하여 세기(世紀)가 바뀌는 시점에서 우간다는 영국의 보호령과 식민지가 되었다. 1962년에 독립을 성취한 우간다는 독립 후 10년간은 연간 약 6%의 경제성장을 이룩하였다. 그러나 1971년에 이디 아민 장군의 군사정부가 권력을 장악한 이후 15년간 비극적인 내전을 겪었고 공공부문의 급속한 팽창에 수반하는 경제적인 대변동, 그리고 여기에 병행한 경제적인 질서와 효율의 급속한 저하 등의 사태를 불러오게 하



였으며, 1970년대만으로도 경제적인 생산고가 20%나 감소하였다. 우간다의 비옥한 토양과 다양한 농업부문은 이와 같은 금융 및 사회적인 경영이 부실했던 기간에 몇몇 불이익을 다소간 감소시키는데 중요한 요인이었다. 농업은 이 나라 국내총생산(GDP)의 약 50%를 그리고 수출수입의 90%를 점하고 있다. 수출품목의 대부분은 커피로서 우간다는 아프리카에서는 두번째, 세계에서는 다섯번째로 큰 커피생산국이다.

나. 이디 아민 장군의 실정(失政)

아민 통치기간 동안 우간다의 대형 및 중형 제조회사들의 수는 급격하게 감소하였다. 오늘날 제조부문은 대부분 의복, 식품 가공, 식용유 공장, 종이 및 종이제품 등과 같이 소비자와 직접 관련된 기업으로 구성되어 있다. 우간다는 광물자원이 상당량 부존되어 있지만 정확하게 파악되지 못한 상태이다. 중요한 광물에는 무코와 토로로에 있는 약 2억 3천만톤의 인광(磷鑛)과 8천만톤이 넘는 철광 등이 포함된다. 우간에에 있는 두 개의 제강소(製鋼所)는 연간 4만톤의 설비용량을 가지고 있으나 아직도 고철과 수입 빌릿에 의존하고 있다. 우간다에서 발견할 수 있는 다른 금속에는 베릴륨, 코발트, 금, 주석 및 텅스텐 등이 있다. 이 나라는 석유 생산품 전부를 수입하고 있는데, 대부분 케냐를 경유하여 도로와 철로를 통해 운송되고 있다. 약 10년 전에 실시된 엉뚱한 석유개발의 결과는 알려져 있지 않다. 그러나 우간다는 최소한도 120

만kW에 이르는 미개발의 수력발전 포잠용량과 수많은 지열자원을 가지고 있으며, 지열(地熱) 잠재량은 현재 평가중에 있다.

1986년에 집권한 요웨리 무세베니에 의해서 영도되는 새 정부는 우간다의 사회 및 경제 인프라스트럭처에 대한 민간부문의 참여를 다시 활성화시키는 다양한 계획을 포함하는 경제개발에 온 노력을 기울이기 시작하였다. 특별히 무세베니 정부는 1960년대와 1970년대에 일어난 산업국유화 과정에 대하여 공공기업 개혁 및 몰수(PERD)법령을 공포함으로써 거꾸로 민영화를 시작하였다. 이와 같은 조치는 1993년 10월에 발효되었으며, PERD 법령은 몰수·개혁 집행위원회(ERIC)를 구성함으로써 실질적으로 집행이 착수되었다. 1995년에 PERD 사무국은 민영화 및 금융 감독의 두 개의 유닛으로 개편되었다.

3. 전력사업 개요

우간다의 발전, 송전 및 배전은 국가소유의 우간다전력공사(UEB)가 관장하고 있으며, UEB는 4천kW 외에는 모두 수력발전으로서 총 170만kW의 설비용량을 보유하고 있다. 실질적으로 우간다의 거의 모든 전력은 오인 폭포에 있는 단일 수력발전소로부터 공급받고 있으며, 나머지는 아홉 개소에 분산 설치되어 있는 디젤발전소에서 발전을 하고 있다. 오인 폭포에는 1만 5천kW 터빈/발전기 열대가 있는데 이중 몇몇 발전설비는 30년

이상 가동되고 있다. 1989년에 오인 폭포의 복구 프로그램이 착수되었을 때 여기에는 영국의 해외개발청(ODA), 세계은행의 국제개발협회(IDA) 그리고 영국의 연방개발공사(CDC) 등으로부터 자금이 공급되었다. 이 프로젝트가 끝나면 각 단위 발전설비는 1만 8천kW로 용량이 격상된다. UEB는 오인 폭포 외에 이 나라의 남서쪽 끝 모서리에 있는 카발레에 1천kW의 마지바 수력발전소를 보유하고 있으며, 약 1만kW는 자가용 발전자가 소유하고 있다. 전국적으로 1996년의 전력생산량은 7억 8600만kWh였으며, 전력 소비량은 6억 7800kWh였다. 현재 우간다는 약 5분의 1만이 전화(電化)되어 있으며, 만일 전국적으로 전력공급을 충족시키려면 약 260만kW가 필요할 것으로 추정되고 있다.

UEB와 케냐 전력회사와의 1955년 협정조항에 의하면 UEB는 1958년에 시작해서 50년간 4만 5천kW의 전력을 케냐에 공급하는 것으로 약정하고 있다. 1964년의 추가 협정에서 공급전력 용량을 3만kW로 감축시켰으나 1980년대 중반까지 이 감축된 전력조차 공급하지 못하였으며, 특히 침두부하시에는 공급전력이 더욱 감소하였다. 케냐는 이에 대한 보상으로 비침두시 6만kW까지의 전력수입을 허용하였다.

지난 몇 년간 UEB는 두 가지의 주요 문제로 고전(苦戰)해 왔다. 하나는 경영상의 문제였고 다른 하나는 자연적인 문제였다. 경영상의 문제는 UEB의 수지계산서에 회계상의 변칙 처리가 발견



되어 대표이사가 취임한지 1년이 못되어 해임된 것이다. 자연적인 문제 중에 국민들의 큰 관심사항은 오연 폭포의 수생식물인 히아신스가 터빈을 정지시키는 원인이 되어 전력공급 중단 사태가 계속된 것이다. 최근에는 수생(水生) 식물이 빅토리아호에도 창궐(猖獗)하기 시작하였다. 때문에 우간다 과학자들은 물위에 뜨는 매트에 바구미 벌레의 씨를 뿌렸으며, 바구미 벌레는 호수 위의 워터 히아신스를 최소한 60%를 죽였다. 그러나 죽었거나 죽어가는 식물은 나일강으로 흘러내려가 하류의 발전소로 흘러 들어가게 되었다. 기계적인 수단으로 이를 제거시키고 있긴 하지만 발전소 운전을 빈번하게 중단시키고 있는 것이다.

4. 고객과 전력 판매

UEB는 중앙, 나일, 동부 및 서부 등 다섯 개 지역에 약 11만 명의 고객을 확보하고 있다. 약 7만 명의 고객들은 캄팔라를 포함하는 중부지역에 거주하고 있어, 실질적으로 전국의 전기사용 고객 중 절반 이상이 수도(首都)에 거주하고 있는 셈이다. 고객 종류별로 보면 판매 전력량은 대략 주택 34%, 상업 4%, 산업 14%, 기타 10%이며, 케냐로의 수출 37% 등이다.

5. 송전 및 배전

UEB의 송전 시스템은 132kV(총금

장 1,010km)와 66kV(74km)로 운용되고 있으며, 배전 네트워크는 33kV(2,664km) 및 11kV로 운용되고 있다. 132kV 주(主)간선(幹線)은 서부의 조지 호 바로 북쪽의 은켄다로부터 동쪽으로 뻗어 캄팔라로, 그리고 오연 폭포와 토로로를 경유해서 케냐로 이어진다. 토로로로부터 132kV 송전선로는 북서쪽의 리라로 이어진다.

UEB는 132kV 송전선로를 마사카에서 음바라라를 경유해서 우간다의 남서부 지역으로 신설하고 음바라라에 132/33kV 변전소를 새로 건설할 것을 계획하고 있다. 지금은 유럽투자은행(EIB)으로부터 지원받게 되며, 지멘스는 기기 공급계약을 체결하였다. UEB는 또한 덴마크의 원조 기관인 다니다(Danida)의 원조를 받아 오연 폭포로부터 캄팔라까지 30만kW의 수송용량을 갖는 132kV 2회선 송전선로 신설공사를 추진하고 있다. UEB는 케냐와 132kV 선로로 연계되어 있으며, 탄자니아와는 카카가티를 경유해서 33kV 선로로 연계되어 있다. 그 외에도 탄자니아와의 제2의 연계선로가 이탈리아 시공업체에 의해서 건설되고 있는데(이탈리아로부터 부분적인 자금공급을 받고 있다), 이 선로는 빅토리아호의 서부 호숫가를 따라 이어지는 마사카-부코바(탄자니아) 132kV 송전선이다.

1998년 12월에 UEB는 1년간의 도시 전력설비 복구 프로젝트를 위한 2500만 달러의 차관을 확보하였다. 이 프로젝트에는 11kV 선로 260km의 개

량사업과 74km의 선로 신설사업이 포함되어 있다. 또한 이 프로젝트에는 380개의 배전용 변압기와 아파크에서 마신디까지의 33kV 선로 130km 신설공사와 저압케이블 개선사업이 포함되어 있다. 이와 같은 시스템 확장으로 새로운 고객 9,000명이 추가로 전력공급의 혜택을 받게 된다.

6. 새로운 발전소들

가. 오연 폭포 발전설비 확장 프로젝트

2000년 상반기 중에 UEB는 오연 폭포에 운하를 설치하여 4만 1천kW 발전설비 2기의 확장공사를 완료할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 새 발전기들은 나일 강의 우측 제방(堤防)에 설치되는 새 발전소 내에 설치하게 된다. 노르웨이의 크바르네르가 터빈을 공급하며, 캐나다의 아크레스 인터내셔널이 컨설팅 엔지니어 역할을 수행한다. 2억 8820만 달러의 이 확장프로젝트에는 다양한 보조 기기와 송전설비가 포함되어 있으며, 우간다 정부와 아프리카 개발은행(ADB), 세계은행의 국제개발협회(IDA), 캐나다 국제개발청(CIDA), Danida 및 스웨덴 국제개발청(SIDA) 등을 포함하는 많은 국제 자금공급 기관들로부터 자금을 공급받고 있다. 오연 폭포 확장프로젝트는 많은 우여곡절(迂餘曲折)을 겪었다. 1993년 11월에 6200만달러의 건설공사건은 중국의 시찬 국제기술공사(SIETCO)가 국제적으로 공고된 입찰

에서 최저 응찰자로서 계약을 체결하였다. 공사 피크시에 SIETCO는 현장에 2,600명의 인력을 투입하기도 하였으나 공기에 6개월이 지연되었으며—당초 준공은 1997년 9월로 예정되어 있었다—15개월의 공기연장을 요구함으로써 1996년 7월에 계약이 일시 정지되었다. SIETCO는 자금이 달린다는 소문이 있었으며, 세계은행과 우간다 정부는 건설 공사의 품질에 대하여 만족하게 생각하지 않는 것으로 알려졌다. 결국 이 계약은 1996년 12월에 해지(解止)되었으며, 토목공사는 이탈리아 업체인 임프레길로와 살리니의 조인트벤처에 의해서 승계되었다. 1998년 11월에 UEB는 당초 계약조항에 대하여 조연한 현지 보험브로커에게 2440만달러의 보상을 청구하였다.

나. 활발한 민간 수력발전 개발

우간다는 아직 인구에 비해서 작은 전력시장임에도 불구하고 민간 수력발전 개발은 활발한 경쟁무대를 형성하고 있다. 가장 중요한 프로젝트는 진자 인근 나일 강의 부자갈리 폭포에 2003년에 가동하는 것을 계획하고 있는 25만kW 수력발전소이다. 1994년에 미국의 대형 민간 전력개발회사인 AES 코퍼레이션은 프로젝트 개발에 대하여 우간다 정부와 양해각서(MOU)에 서명하였다. 1995년초에 현지 마드바니 그룹의 한 유닛과 4억 5천만달러의 발전소를 건설-소유-운전(BOO) 방식으로 개발하기 위한 나일 인디펜던트 파워(NIP)를 구

성하기로 합의하였다는 발표가 이어졌다. 이 발전소는 오염 폭포 발전소로부터 하류 10km 그리고 캄팔라 동쪽 약 80km에 있는 덤벨 섬에 위치하게 된다. 설계에는 25m의 콘크리트와 제방에 의한 댐, 다섯 개의 벌브 터빈-발전기를 설치하는 지표면상의 발전소와 여기에 관련된 전기, 기계 및 송전 기기들을 포함하고 있다. 전면적인 타당성조사가 1988년 4월에 완료되었으며, 결과물이 정부에 제출되었다. 보고서에 의하면 이 프로젝트는 700에이커의 토지를 침수시키게 되며, 현지 주민 중 26가족을 이주시켜야 하는 것으로 추정하고 있다. 예비 전력구매합의서(PPA)에 의하면 우간다 정부는 처음 11년간의 12억달러를 포함해서 30년간 이상 30억달러의 전력을 구입하게 된다. 이 발전소는 2008년까지 우간다의 추정 에너지 수요를 충족시키게 될 것으로 기대되고 있으며, 이 프로젝트에 의한 건설사업은 UEB의 송전시스템을 강화하는데도 기여하게 된다. 영국의 WS 아트킨스가 환경영향평가를 수행하였으며, 역시 영국의 나이트 피에솔드가 플랜트 엔지니어링을 지원하고 있다. 국제금융공사(IFC)와 연방개발공사(CDC)가 각각 1500만달러를 투자할 것으로 기대되고 있으며, AES가 이 프로젝트에 약 8500만 달러를 투자하게 된다. 1999년 2월에 세계은행은 이 프로젝트에 대한 자금공급을 승인한 것으로 알려졌다. NIP는 이 발전소에서 발전되는 전력을 kWh당 5.5센트로 판매할 것을 계획하고 있다.

다. 부자갈리 폭포 수력발전 프로젝트

이 프로젝트는 두 가지 이유로 논쟁을 일으키고 있다. 첫째는 부자갈리 폭포 지역이 중요한 관광지로서 잠재력이 있는 것으로 고려되고 있다는 점과 두번째는 새로운 발전소가 우간다 전력 시스템의 크기를 두 배 이상으로 확장시킨다는 점이다. 그럼에도 불구하고 새로운 설비로부터 기대되는 경제적인 이익은 상당한 것이다. NIP는 현재 UEB가 공급하고 있는 3만kW에 추가해서 케냐에 발전소 출력의 4만kW를 판매할 것을 계획하고 있다. NIP는 또한 탄자니아와 르완다가 각각 5만kW와 5천kW를 구입할 준비가 되어 있다고 말하고 있다. 마지막으로 부자갈리 폭포 발전소는 UEB로 하여금 추가로 8만명으로 추정되는 고객에게 전력을 공급할 수 있으며, 이와 같은 공사가 약 1,000개의 일자리를 제공하게 될 것이다.

두번째의 주요 독립발전(IPP) 프로젝트는 북부 우간다의 카루마 폭포에 설치되는 20만kW 발전소이다. 주된 프로젝트 개발자는 ABB 크라프트, 인터크라프트 AS, 크바르네르 에너지, 노르플랜 AS와 니보르드 인베스트먼트를 포함하는 노르웨이 회사들의 컨소시엄과 현지 회사인 파크와치 파워 플랜트와의 사이의 조인트벤처로서 1997년에 설립된 노르파크 파워이다. 신문보도에 의하면 노르파크는 1억 6600만달러의 이 발전소에서 생산되는 전력이 우간다에서 가장 저렴한 전력이 될 것으로 전망했다. 왜



나 하면 이 발전소의 손익분기 에너지 테크니컬 코스트가 내부수익률 10%를 허용하기 때문에 전력요금은 kWh당 2.3센트가 될 것으로 추정하기 때문이다. 이 프로젝트는 우간다의 국립환경관리청의 승인을 받는 환경영향평가를 포함한 세가지의 예비 조사연구가 이미 수행되었다. 우간다 투자청은 이 프로젝트에 대해 1998년 2월에 허가증을 발급하였으며, 최종 타당성조사가 1999년 2월에 완료되었다. 이어서 전력구매계약(PPA) 협상이 1999년 7월에 개시되었고 컨소시엄은 세 개의 5만kW 발전기가 2002년 말에 가동되기를 희망하고 있다.

라. 세번째의 수력 독립발전사업(IPP)

우간다의 세번째 수력발전 독립발전사업(IPP)은 이집트회사인 아라비안 인터내셔널 컨스트럭션 사(社)에 의해서 개발되고 있으며, 이 6억달러 규모의 41만 5천kW 발전소는 무코모 구역 부자갈리 북쪽 나일 강의 칼라갈라-부게레레에 건설된다. 이 발전소는 당초 1980년대 중반에 알버트 호(湖) 바로 상류의 무르치손(칼라갈라) 폭포 인근에 48만kW의 UEB 발전소로서 계획되었던 것이다. 그러나 환경주의자들은 이 프로젝트가 주된 관광객 유치 장소인 인근의 무르치손 국립 게임공원의 생태계(生態界)를 붕괴시키게 될 것이라고 항의하였으며 우간다 정부는 이와 같은 항의에 따라 발전소를 2km 상류로 옮기는데 동의하였다. 이 프로젝트는 IPP로서 다시 태어날

때까지 추진되지 못하고 있었다. 1998년 초에 우간다 정부는 전력구매합의서(PPA)와 프로젝트의 추진합의서에 대한 협상의 예비 라운드에서 결론을 내렸으며, 이 프로젝트의 후원자들에는 이집트 국립은행, 이집트 재보험회사 그리고 독일 엔지니어링회사 라메이어 인터내셔널이 포함되어 있다. 보도된 바에 의하면 IFC는 1억 5천만달러의 에퀴티(주식) 매입과 차관제공을 제의하였으며 세계은행은 1억달러의 지불보증 제공에 의견접근을 보이고 있다. 여러 가지 이유로 이 프로젝트의 개발은 현재 중지상태에 있다.

전력회사와 민간의 전력프로젝트에 캐나다의 반프 리소시스는 UEB의 오래된 무부쿠 발전소 사이트에 캄팔라 서쪽 420km의 카사사 마을 인근에 위치하는 새로운 코발트 처리 플랜트를 위하여 1만 500kW 수력발전소를 건설하고 있다. 남아프리카의 베이트맨 미네럴스 앤드 인더스트리얼이 설계·조달·시공(EPC) 계약자이며, 남아프리카의 마르콘이 또한 참여하게 된다. 새 금속처리 플랜트는 1999년 늦게 플랜트가 가동되면 약 8천kW의 전력을 사용하게 되며, 잉여전력은 UEB 그리드에 공급할 수 있게 된다.

어떤 새로운 주요 수력발전소라도 준공까지는 최소한도 3~4년이 걸리기 때문에 우간다에서는 화력 IPP 프로젝트의 개발이 추진되고 있다. 예를 들면 1998년 7월에 말레이시아 국영전력회사인 테나가 내셔널 사(TNB)는 말레이

시아 광업공사의 에너지 디비전과의 제휴로 6만kW 화력발전소 건설을 계획하고 있는 것으로 알려져 있다.

7. 장래의 전망

우간다의 전력수요는 기준점이 매우 낮기는 하지만 연간 20%의 신장률을 보이고 있는 것으로 알려져 있으며, 전력부족 때문에 경제발전은 연간 수 % 늦어지고 있는 것으로 추정되고 있다. 그럼에도 불구하고 만일 부자갈리 폭포 발전소가 예정대로 2003년에 준공되면 우간다의 발전설비는 얼마동안 과잉상태가 된다. 정부는 역내의 민간전력개발 사업자로서 주도적인 지위를 개척하는데 매우 큰 관심을 가지고 있다. 1999년 3월에 우간다의 에너지 및 광물성 장관은 르완다 및 탄자니아 양국의 대통령과 전력수출에 관련한 회담을 가졌으며, 이들 양국은 전력무역을 개시하기 위하여 기술협력위원회를 설치하여 보다 구체적인 작업에 착수할 것에 합의하였다.

보다 장기적인 관점에서 케냐, 탄자니아 및 우간다의 동부아프리카 전력 그리드를 상호 연계하는데 대한 예비계획이 1998년 7월에 역내 각료들에 의해서 논의되었으며 이 계획은 동아프리카 협력사무국에 제출되었다. 이들 계획의 목적은 수력발전 전력의 역내 사용을 장려하고 나무연료의 사용을 저지시키는 데에 있다. ■

(자료: udi 「Country of the Week」 1999.7.1.)