스웨덴의 수력발전

本 原稿는 最近 Sweden에서 發行한 新聞에서 飜譯한 것이며, Sweden의 電力實情을 詳細하게 알 수 있다.

"SVENSKA DAGBLADET 特輯에서
홀크 페트리
데니스 데니슨 共著
——학회 편집부——

스웨덴은 세계에서도 가장 전기화 된 나라이다. 다만 노루웨이, 카나다, 및 미국만이 投資비율에 대한 전력소비에 있어 스웨덴을 능가하고 있을 뿐이다. 전지전량에 있어서도, 스웨덴의 전력소비는 왕성한 것이며, 세계에서 열째이다 스웨덴을 능가하는 나라를 순서대로 적어 보면 다음과 같다. 미국, 소련, 영국, 카나다, 서독, 일본, 불란서, 이태리, 그리고 동부독일이다.

1957년에 있어서 스웨덴의 총 전력소비량은 290억 KWh이었으며, 그 중 43%가 산업기관에 28%가 소위 소매 수용가 (Retail Consumer)에 배전되었고 7%가 공공 수송기관에서 소비되었다. 나머지 2%는 덴마—크에 판었다. 오랜 기간동안 전력소비는, 년간 약 7%의 비율로써 증가하였으며 이것은 매10년 마다 약 배가 된다는 比率이며, 이러한 증가율이 계속될 것으로 보인다. 그러나, 위에서 말한 소비분야가 서로 같은 비율로써 증가하지는 않는다. 각 분야간의 변동이 계속되고 있다 .약 7%의 종합적 예상증가율은 현재로 산업이 약 6%소매수용가가 약 10% 그리고 수송기관이 3%로 되어 있다.

△ △ △

1957년에 있어서 생산된 전력량의 94%은 수력발전소에서 6%가 화력발전소에서 발전되었다 화력에 있어서의 약 반은 배압식발전소 Backpressure plants)이며 나머지 반은 복수식 (Condensing) 발전소이었다. 위에 말한 수력대 화력의 비는 오랜 동안에 나타난 대표적인 상태이다. 따라서 스웨덴에 있어서, 전력공급의 기초는 수력전기이다. 수력發電이 으뜸을 차지하는 이유는 이 나라에는 석탄과 기름이 부족하지만, 저렴한 가격으로 개발할 수 있는 수력전기를 가지고 있기 때문이다. 수력은 스웨덴에서 필요로 하는 열원(Heat)과 전력에 있어서 매우 중요한 것이다. 총열원과 전력수요의 약 3분의 1을 수력이 담당하고, 수입된 액체연료가 3분의 1, 그리고 수입 및 국산 고체연료가 3분의 1를 담당하고 있는 것이다.

스웨덴의 河川의 포장자원(包裝資源)을 모두 개발할 수 있다면 연간 150억 내지 그백억 KWh를 낼 수 있을 것이다. 그러나, 기술적 및경제적인 조건으로 이러한 천연자원의 일부 이상을 개발하지 못하고 있으나 현재, 연간 약 80억KWh는 얻을 수 있으리라고 생각하고 있다. 1930대에서 경제적으로 개발할 수 있는 수력은 연간 30억으로 추산되었고, 1940년때에는 50억 1950년초기에 60억, 그리고 지난 수년간에는 이수자가 80억KWh로 증가되었다는 사실을 생각하면 기술發達의 신속성과 그 발달된 기술이 얼마나 더 큰 수력을 개발할 수 있게 하였나 하는 개념을 얻을 수 있다. 이수자가 더욱 더 상승할 것이 불가능한 것도 아니겠지만 어떤 큰 증가를 꼭 기대할 수는 없다.

△ △ △

개발할 수 있는 수력자원의 추산에 있어서 이와 같이 계속적으로 증가되는 배후에는, 기술적 발전의 험차고 성공적인 문제가 놓여 있다. 지난 20년 동안에 송전 기술(방식)에 일대 변혁이 있었다. 초고압 송전선압을 사용하는 어려운 기술문제가 해결되었고 매우 멀리 떨어져 있는 부하중심지(負荷中心地)와 수력발전소간의 거리를 단축시켰다. 새로운 건설방식은 더욱 큰 댐을 건설하며 더욱 큰 터빈을 돌릴 수 있게 하였다.

◎ 스웨덴은 投資比率에 對한 전력소비에 있어서 세계에서 네째이다.

◎ 1957년 한해에 생산된 전력의 94%가 水力이고 6%가 火力발전소에서 발전되었다.

경제적으로 개발할 수 있는 水力자원은 한정되어 지고 석탄 및 기타 연료의 부족은 더욱 가치

있는 개척에 의탁하게 되었다. 전력의 다른 자원이 없다면 10년 내외로 전력생산에 있어서 매우 심각한 사정에 놓이게 될 것이다. 전력의 상용자원(商用資源)으로 원자력의 출현을 이 문제의 해결책이 될 것이다.

◎ 스웨덴의 전력회사들은 이 문제에 공헌할 열의를 보이고 있다. 』

더욱 큰 타—빈과 발전기가 생기고, 더욱 능률적인 방법과 새로운 기계로써 전에타산이 맞지 않던것도 경제적인 개발 범위로 이끌어 올리는데 도움이 되었다. 경제적으로 개발할 수 있는 80억KWh중에서 85% 즉 68억KWh는 스웨덴의 북부에 놓여 있고 15% 즉 12억 KWh는 남부에 놓여 있다. 그런데. 부하분포를 크게 좌우하는 인구분포는 이와 꼭 반대로 북반부에 15% 남반부에 85%이다. 따라서 자연적으로 스웨덴의 남부와 하천(河川)이 많이 개발되어 현재 약 8억 KWh가 개발되었고 북부는 자원中의 약 20KWh가 개발되어 (48억 KV이상의 포장력은 아직 남아있다) 막대한 전력이 북부로부터 남부스웨덴으로 380KV 및 200KV 송전으로 송전되고 있다.

△ △ △

각기 담당지역에 대한 전력공급과정을 책임진다는 전통적인 개발과정으로써, 여러 수력지점은 각 전력회사에 의하여 개발되었다. 이들 사중에서, 그 하나는 民衆에서 소유하고 있으며, 나머지는 지방관청 및 개인기업체에서 소유하고 있다.

위에 말한 남북송선을 제외하고는 獨占化 (독점화) 또는 국유화단된 적이 없으며, 남북송선만은 예외로 근 10년 이상 국가 경영으로 되어 왔다. 이것은 영국이나 불란서의 사정과는 좋은 대조가 되어서 그곳 영국이나 불란서의 전력공급施設은 국가 경영이지만 스웨덴의 전력회사는 서로 경쟁적으로 일을 하고 있다. 대개의 경우에 있어서 서로 다른 전력회사는 같은 유역(流域)개발에 참가하며, 한 발전소는 국가소유, 다른 한 개는 공공기업체, 또 다른 한개는 개인기업체에 속하게 된다. 각종 회사는 그들의 전력을 국가가 소유하여 조작하는 간선송전선(幹線)을 통하여 송전한다. 비교적 큰 몇개전력회사는 스웨덴의 전기화시대의 전력개발 초기부터 있었다. 가장 오래된 큰 회사로 써는, 스톡크호름전력회사(stockholms Elverk)이며, 1892년에 창설되었다. 5년 후에 스토라 콥파벌그 (stora Kopparbergs Betgslags AB) 회사가 발전을 개시하였고 20세기의 첫 10년 동안에 Yngeredsfors Kraft AB, Uddeholms AB, Skelleftea Stads Kraftvek, Kraft AB, Gulls Pang-Munkfors 및 Krangede AB, 회사등이 설립되었다.

1909년에는 현재 흔히 Vattenfall 이라고 부르는 Statens Vattenfallsverk(the Swedish State Power Administration), 이 운전개시하였다.

△ △ △

Vattenfall는 가장 큰 전력공급기관이다. 그 자체의 발전소에서 스웨덴의 총 출력의 40%을 불전하고 있다. 이 전력은 광범한 송전망으로 배전되며 그 일부는 철도, 산업기관 그리고 소규모소비자에게 배전하는 지방자치기관의 전력회사 (municipal Power Companies) 및 배전회사에 공급된다. Vattenfall 자체는 소규모 소비자에게 대한 배전에는 그렇게 크게 참여하지 않는다. 지방자치회사는 그들 발전소에서 총 출력의 5%를 발전하며 개인 소유회사는 55%를 發電한다, 이 55중에서는 20%는 주로 자체의 용도에 사용하기 위한 산업회사에 의해서 발전되며, 35%는 전력회사에 의해서 발전된다. 지방자치관청은 이들 회사의 주(株)를 소유하고 있다. 지방 자치회사의 대부분은 소매용 배전(Retail distribution)을 주 목적으로 하고 있다. 몇개의 개인회사는 Vattenfall과 같이 전력발전및 송전에 중점을 두고 배전회사에 맡기고 있으며, 나머지 다른 개인회사는 그 자체가 배전사업도 취급한다.

△ △ △

일반적으로 전력회사는 각기 배전담당지역내의 수요증가를 부담하기 위하여 새 수력발전소를 개발한다. 스웨덴에서는 수로가 공공소유물이 아니기 때문에 하천유역(河川流域) 소유권을 매득함으로써 수력지점에 권리를 얻게 된다. 이것이 바로 동일한 유역에 다른 몇 개의 회사들이 발전소를 가지고 있다는 이유이나 경제적인 개발을 위해서는 유하량(流下量)의 큰 변동을 없애는 것이 매우 중요한 것이다. 다행히 스웨덴의 대부분의 河川은 그 유역에 많은 호수가

있으며 유하량 조절에 좋은 시설이 된다. 북부 스웨덴에서는 호수 근방에는 인구밀도가 희소하여 침수보상비가 덜 들며, 조절능력이 큰 저수지를 이용할 수 있다. 전력회사가 발전소를 건설하거나 저수목적으로 저수지를 개발하려고 원한다면, 먼저 특별법령에 의한 Vattendomstol이라고 하는, 특별재판소에 제청을 해야 된다. 전력회사가 개발에 착수하기 위한 허가신청을 내기 전에 관계당국에서 그 개발 사업으로 영향을 받게 되는 지역에서 공청회를 열며, 모든 관계자들이 그 사업에 대하여 상세한 내용을 알게 된다. 이러한 공청회는 큰 규모의 업이면, 반드시 개최된다. Vattendomstol에 제청이 오면, 각 관계자들은 그들의 訴訟을 제기하며, 필요에 따라서는 전력회사의 비용으로 유력한 증인을 요청할 기회가 부여 된다. 이렇게 하여 결정을 지을때면 Vattendomstol는 그 사업을 할 수 있는가 없는가, 할 수 있다면 어떻게 시행하며, 말일 그 사업으로 피해가 생기면 어떻게 보상금을 지불할 것인가를 결정한다. 이러한 사업은 때로는 농작지 산림지대 또는 부락을 해친다. 그러므로 제방(堤坊) 축성등 여러가지 방법으로 농작지의 침해를 제한하거나 방지한다. 이주(移住)하도록 강요당한 사람은 새로운 농지를 배정 받게 된다 관계적으로 그들은 현금으로 손해상금을 받으며 그 금액은 Vattendomstol이 결정한다. 이러한 배상금을 받는 외에 전력회사는 또한 조절비 (Regulation Fees)라고 하는 특별비를 지불하며, 직접부과액에 관계 없이 손해를 입는 공동사회에 대한 보상을 하기위한 것이다. 이 막대한 액수에 달하는 조절비는 도로, 교량 및 전기사업 등과 같은 공익사업에 투자된다. 또한 전력회사는 어로사업(漁撈事業)에 끼친 손해에 대해서도 배상금을 지불해야 된다. 그러나 그러한 손해를 제한 또는 방지하기 위하여 여러가지 방책을 취한다, 그러기 위하여 전력회사에서는 영향받는 많은 부란소(孵卵所)를 설치하여 수로에 대량의 새끼고기를 양육한다, 현재 인어(鮭魚) 및 기타 옮겨사는 (移捷하는) 고기에 대한 광범한 연구가 실시되고 있다. 또한 산림이나 제재업도 수력개발사업으로 침해를 받는데가 있다 그런 경우에는 Vattendomstol는 재목 유하방법을 고려하여 유하량을 어떻게 조절할 것인가에 대한 특별규정을 작성한다. 댐과 발전소를 돌아서 재목을 유하시킬 수 있도록 여러 방면으로 대책을 세운다. 이러한 문제에 대하여 가장 훌륭한 기술적인 해결을 얻기 위하여 모형으로써 시험을 한다. 전력회사는 자연미와 역사적 보물을 보존하기 위하여 최대한의 노력을 한다. 그러나 이러한 문제는 해결에 난관이 있으며 가끔 공청회의 주제가 된다.

△ △ △

스웨덴의 하천지형은 때로는 발전소 낙차가 휘ㅡ트가 넘는 것도 있지만 대개는 120휘ㅡ트 이하이다 ·유하량(流下量)은 대개 2백만 내지 1천만 Imp. Gall/min 이다. 하천의 계곡(溪谷)은 대개가 평탄한 편이며 연변에는 住民들이 살고 있다. 따라서 이러한 조건으로 높은 댐을 건설하기에는 적합하지 않다. 겨울철에는 얼음 때문에 긴 취수로를 못 만드는 형편이다. 따라서 스웨덴의 발전소는 보통, 수력지점의 상부측에 비교적 낮은 댐이 있으며, 발전소건물은 댐에 설치하고 길이 3마일까지의 방수로 또는 턴넬이있다. 낙차가 120휘ㅡ트가 넘으면 가장 갑싼 방법으로는 보통 지하(地下)발전소를 건설하는 것이다. 이 방법은 스웨덴의 비교적 큰 발전소는 대개 이 방식이다. 이 방법은 가격도 싸거니와 겨울의 심한추위에 있어서도 이점이 있다.지하 발전소의 대부분은 북부스웨덴에 있으며, 이곳은 연중 6개월간 서리와 눈이 있다. 겨울철에는 대개 -4°F가량되며, 가끔 40°로 떨어 진다. 지하 발전소에 있어서는 연중 건설공사를 계속할 수 있다. 지하 발전소의 가격이 저염한 것은 주로 두 가지 요소에 기인된다. 그 첫째는 암반이 대체로 견고하다는 것이다. 다시 말하면 방수로 턴넬을 축성하지 않고 그대로 쓸 수 있으며, 대개 大槪 턴넬의 총공사비의 10 지내 30%가 드는 콘크리ㅡ트 아ㅡ취로 보강하지 않어도 된다. 둘째 요소는 스웨덴에서는 저염한 암석발굴 기술이 고도로 발달되어 있다는 것이다.스웨덴의 穿孔 (穿孔機) 기계와 Catbide-tipped drill 제작자와 또 일방으로는 발전소 건설자와 광산업자가 서로 긴밀한 협조를 힘므로써 파쇄방법(破毁方法)이 급속도로 발전되었다. 스웨덴의수력발전의 약 50%가 지하발전소에서 발전되며 현재 개발되고 있는 수력발전의 약 75%가

지하에서 발전된 것이다.

△ △ △

고도로 세련된 에나—지 형태의 하나인 전력은 오랫 동안 다른 에나—지의 형태보다 그 비용에 있어서 우위를 차지하여 왔다. 그 중요 이유는 값싼 수력으로 저렴한 전기를 만들 수 있기 때문이다. 전기요금의 기준은 원칙적으로 수력의 실비에 기초를 두어 왔으며, 전력의 다른 경쟁적인 자원의 가격에는 한정된 범위에만 의거해 왔다. 전력회사들은 그들의 소비의 대부분을 수력전기로써 충당해야 되는 경제적인 필요성이 생기게 되었다. 보충적인 화력발전의 어느 정도는 주로 심한 갈수기에 수력을 보충하는데 경제적이다. 이러한 갈수기를 충당하는 또한 가지의 방법은 평년 갈수기에는 충분한 상시첨두전력(常時尖頭電力) 수요보다 훨씬 많은 수력을 개발하고 풍수기에 생산되는 잉여전력은 전기보이라와 같은 2차적인 목적으로 돌려 쓰는 것이다. 수력발전소와 화력발전소간의 비용의 비율이외에 이 양자간의 가장 경제적인 비율은 수력에 있어서의 송전거리와 유하량변동과 크기(즉 심한 한발(旱魃) 기간에 있어서의 %의 감소)에 의하여 결정된다.

△ △ △

현재 북부스웨덴의 신규수력발전소를 개발하는데 KW 당 스웨덴의 화폐로 60 내지 1500 크라운 (crown)이 든다. 몇 개의 매우 큰 개발에 있어서는 이보다 더욱 낮은 비용으로도 되지만 보편적인 것이라고는 볼 수 없다. KW당 1,000 내지 1200 크라운이라는 수자가 현재 보편적인 것이다. 남부스웨덴에 있어서는 저수지의 비용 및 큰 부하중심지까지의 송전비용이 추가될때에는 정상적인 연간 운전시간을 5,000 내지 6000 시간으로 잡고 수력발전에 있어서 Kwh당 약 3 öre ( )의 비용수자가 나온다. 현대식 화력발전소의 비용은 연간 운전시간을 위와 같이 잡고 KWh당 약 5öre이다. 잉여수력전력을 KWh당 약 1öre의 평균률로 가정하고 또한 갈수기에 있어서의 수력발전소의 발전능력이 평년 발전량의 15 내지 20%이하로 떨어지지 않은 것으로 하여 수력발전과 화력발전의 가장 경제적인 비율을 계산한 것이다. 이러한 조건은 주로 북부스웨덴에 수력발전소를 가지고 있는 많은 스웨덴의 회사에 있어서 실증적인 것이며 이 나라 전체에 대한 평균으로 취할 수 있는 조건이다. 상시첨두전력(Firm Power) 수요보다 적어도 10%가 더 많은 연평균 발전량(Normal annual Production)을 낼 수 있는 충분한 수력을 개발하는 것이 경제적이라는 것이 계산상으로 나타난다. 갈수기중에는 약 10%의 화력발전출력이 필요하다. 고도의 수력개발은 설치용량의 큰 필요한 여유를 필요로 하지 않으며, 그용량은 갈수기에 완전히 이용되기 때문이다. 개발의 정도가 낮으면 갈수기중의 부하를 보충하기 위한 더 많은 화력을 필요로 하게 될 것이다.

△ △ △

수년동안, 스웨덴의 개발문제의 목적은 충분한 수력용량을 설치하여, 연 평균출력(年平均出力)이, 상시청두전력 소비보다 10% 더 많게 하는데 있었다. 그러나 소비전력의 급속한 증가 때문에 이목적이 아직 달성되지 못하고 있다. 현재, 사실상 수력의 연평균출력은 상시첨두전력 이하이다. 수력개발의 부족량을 보충하기 위하여 갈수기중에 충분한 전력을 공급하도록 적당한 화력으로 보충한다는 것은 실현되지 못하고 있다. 대규모의 수력공사가 현재 북부스웨덴에서 공사중이며 새로운 개발공사가 계획되고 있지만, 이것으로써 가장 경제적인 전력계통으로 만들 수 있도록 신속히 수력이 개발될 수 있는가는 의문시되고 있다. 그 많은 이유중에서 가장 심각한 것은 자금부족(資金不足)인 것이다. 경제적으로 개발할 수 있는 수력자원은 한정되어 있고, 석탄은 부족하며, 기타연료도 개척해야 되므로, 만일 에나—지의 다른 자원이 없다면 스웨덴은 10년 내외로 전력생산에 있어서 매우 곤란한 처지에 놓이게 될 것이다. 스웨덴 산업의 계속적인 팽창은 어느 정도 신뢰성이 없는 연료수입에 크게 의존하게 될 것이며, 생산가격은 대단히 앙등하게 될 것이다. 전력의 상용자원(商用資源)으로써의 원자력의 출현은 이 문제의 해결이 될 것으로 보인다. 이 원자력은 국내원료의 기반을 넓힐 것이며 생산원가의 증가는 어느 한계(限界) 내로 억제할 수 있을 것이라는 희망을 준다. 따라서 스웨덴의 전력회사가 큰 흥미를 가지고 원자력분야의 발달을 따라가는 것도 자연스러운 것이며, 스웨덴에 있어서의 이

원자력 발전에 공헌할 열망을 표시하는 것 도당연하다. 전력증산을 위하여 늘어가는 연료수입에 의존하고 있는 산업국가들은 신속한 원자력 개발의 필요성은 대단히 큰 문제일 것이다. 그러기 때문에 영국 및 불란서와 같은 나라에 가능한 한 급속히 대규모의 원자력 발전을 개발하기 위하여 시행되고 있는 활기띄운 노력을 하고 있는 것이다. 그러한 노력은 스웨덴에서는 경제적인 그리고 기술적인 자원때문에 생각도 못하고 있는 것이다. 그러기 때문에 스웨덴의 아직도 개발되지 않고 남은 수력자원을 개발함으로써 원자력발전 개발사업을 시두르지 않아도 되는 시간적 여유는 가장 가치있는 일이다. 이 시기적(時期的) 여유로 외국에서 시행되고 있는 사업을 통하여 크게 이익을 볼 수 있는 것이다. 그렇다고 결코 스웨덴의 전력산업이 다른 나라의 교시(敎示)만을 수동적으로 기다리고 있다는 것은 아니다. 이와 반면에 스웨덴의 전력회사들은 이미 그 사업에 전심(專心)하고 있으며, 시간적 여유를 이용하여 이 새로운 분야에 있어서의 필요한 경험을 얻기 위한 더욱 큰 사업수행의 준비를 갖추고 있는 것이다.

만일 스웨덴의 전력소비가 현재까지와 같은 비율로써 계속한다면 부하(負荷)는 대개 매십년마다 배로 될 것이며 이후 10년 이내에 수요에 대비하기에 충분하도록 그렇게 급속히 남은 수력자원을 개발하기에는 많은 난관에 직면하게 될 것이다. 그러므로 화력의 상당한 부충이 필요하게 될 것이다. 현재 우리가 판단하는 한에 있어서는, 이러한 보충전력은 경제적인 이유와 스웨덴자체의 능력으로 할 수 있다는 이유로써, 가능한 한 광범위하게 원자력 개발로써 이루어져야 될 것이다. 장래에 있어서 알게 되겠지만 원자력과 화력간의 비용관계를 교려할 필요 없이 스웨덴의 전력산업은 늦어도 1960년 말까지에는 최초의 큰 상용원자력발전소(Commercial atomic Power Plant)의 운전을 할 수 있도록 준비해야 될 것이다. 수력개발로써는 수요에 대한 전체 보충전력생산의 극소 부분 밖에 부담할 수 없을 것이므로 원자력의 필요성은 급속히 증가될 것이다.

개인 및 공공단체회사로써의 Vattenfall은 신뢰성 있는 상용발전소 설치 (Commercial installation)의 필요성에 응하기 위하여 시험용 발전소(Pilot Plato) 건설에 참가하고 있다.

Vattenfall은 연료로써 천연 우라늄을 쓰며, 조절기 (Moderator)로써 중수(Heavy Water)를 쓰는 약 100MW 용량을 가진 EVA 원자력 발전소를 건설할 것을 결정하였다. 개인 및 공공단체회사들은 원자력차관단(Atomic Power Consortium,, Atomkraft-Konsortiet)라는 공동기업을 형성하였고 외국에서 설계된 리액크타의 설치를 하며, 스웨덴의 특허로써 건설하게 될 원자력 발전소를 설계하였다. (끝)

<55頁로부터계속>

§3. 吟 味

2. 에 設述한 內容에 依하면 34日間이라는 長時日이 所要되여 修理 乾燥作業을 完了하였으니 急한 境遇에는 適應할 수 없다 할 것이나 Oven Dryig에 比하여 火氣憂慮가 없으며 施設조차도 必要없다는 長點이 있다. 이 Report에 依해서 우리는 두가지를 알 수 있다. 即 變壓器의 loading이 工場變壓器와 같은 變壓器가 우리나라에도 많이 있다는 것이니 運轉方式을 再檢討할 必要가 있다고 생각한다. 變壓器 燒損理由를 過負荷 絕緣自然劣化라고만 斷定치말고 特히 夜間 配電用 變壓器의 燒損原因 等 充分한 檢討를 必要로 한다고 思料된다. 또 한가지는 亦是 乾燥方式이나 Report 內容은 循還油의 加熱保溫方法, 維持溫度等 詳細한 數字說明은 없으나 場所와 境遇에따라, 實施해보기에 充分한 매력있는 方式이다. 後日 이에對한 仔細한 Report가 우리나라에서도 얻을수 있기를 바란다.