

第 46 回委員会
資料第 7 号

昭和 31 年 9 月 28 日

西ドイツRWE社
の原子力開発計画
—RWE社長ハインリッヒ・マンデル博士—

〈原子力メモ〉
第 15 号

科学技術庁原子力局

c111-027-005



会社名
号

昭和二十一年三月

西ドイツ電力株式会社
の
開業準備に関する
通信

東京

電力

株式

電力株式会社

まえがきと要約

本資料は、西ドイツ最大の電力会社であるRWE (Rheinisch Westfalen Elektrizität) の社長 Dr. Heinrich Mandel が、原子力評論誌 "Atomwirtschaft" の10月号に寄稿した論文である。

RWEは西ドイツ発電出力の2/3を受持つ大会社であり、その代表者の原子力発電分野に対する発言は、西ドイツ民間電力業者の意向をうかがう上に有力な手がかりを与えるものと考えられる。

論文によれば、RWEは現在米英から合計7つの試験用原子力発電所建設案の引合いを受取っており、その内容はほぼ次のごとくである。

1) 型式

加圧水型	3
沸騰水型	2
ナトリウム、黒鉛型	1
均質型	1

- 2) 出力 (熱) (電気)
- | | | |
|----|-----------|-----------|
| 最高 | 59,000 kW | 14,700 kW |
| 最低 | 38,000 " | 9,300 " |
- 3) 総建設費 (燃料を除く)
- | | |
|----|----------------------|
| 最高 | 5,000 万マルク (約 43 億円) |
| 最低 | 2,200 " (約 19 億円) |
- 4) kW 当り 建設費
- | | |
|----|---------------------|
| 最高 | 5,000 マルク (約 43 万円) |
| 最低 | 2,100 " (約 18 万円) |
- 5) 推定発電コスト
- | | |
|----|--------------------|
| 最高 | 19 円=比 (約 16,28 円) |
| 最低 | 10 " (約 8,57 円) |
- 6) 燃料ウラン濃縮度
- | | |
|----|-------|
| 最高 | 20 % |
| 最低 | 2.2 % |
- 7) 燃料ウラン所要量
- | | |
|----|----------|
| 最高 | 4,960 kg |
| 最低 | 61.5 kg |

(2)

なお Dr Mandel の所論を要約すれば次のごとし。

- 1) 現在のところ経済的ベースにのる原子力発電所は存在しない。原子力時代の到来は 10 年後になるだろう。
- 2) しかしその前に、原子力発電所の建設、運転に対する経験をできるだけ広く集積する必要がある。
- 3) そのための試験用発電炉の規模は、出力 1 万 kW ぐらいが適当と考えられる。
- 4) RWE は試験用原子力発電所 1 箇所を建設する意向を有し、同時に西独またはヨーロッパの諸会社との間に、原子力発電所建設および操業に関する一切の経験を交換する契約を結ぶ用意がある。
- 5) RWE は現在引合いを受けた 7 種の試験用発電炉にたいして、何々に徹底的検討を加えている。
- 6) RWE の最終目標は、フルトニウム-ウラン 238、またはウラン 233-トリウムなる燃料サイクルをもつ増殖炉である。
- 7) RWE は最終決定を下す前にドイツ原子力委員会およびその下部機構である専門委員会に計画を提示

(3)

して意見を求める。

2) 燃料に濃縮ウランを用いるか、天然ウランを用いるかの問題は、将来大規模発電所を建設する場合のことで、当面の小規模試験用発電所の場合には考慮しなくてもよいと考える。

(4)

RWE社の原子力開発計画

RWE社長 ハイน์リッヒ・マンデル博士

エネルギーの消費量はたえず増大傾向にあるので、発電事業もたえず発展せざるをえない。したがって発電計画を立てるにあたっては、周到な予備計画と技術の現状および経済状況に対する顧慮が今後必要となってくる。将来のエネルギー需要の推測が必要であるばかりでなく、需要増加に基く設備の増設をいっどこで行うべきかを計画し、また確実にしかも経済的な方法によって原料確保をはからねばならない。西独最大の公共電力会社たるRWEが最新のエネルギー形態たる核エネルギーに対して無関心であったり逆に急いでそれにとびつくようなことをせず、その経済的将来性に関して良心的かつ継続的に検討をすすめ、そこから何らかの結論を引き出そうと努めてきた所以もそこにあるのである。

原子力技術の今日の発展段階は、これを次のように要約することができるであろう。

1 今日までのところ、大規模の試験用原子力発電所

(5)

で操業中のものはまだ一つもない。今後数週間たてばコールドホールのもろろキロワット原子力発電所が世界最初の試験用発電所として操業を開始する筈である。

2. 現在建造中の原子力発電所で、虚構のコスト計算をせず或は補助金なしで経済的に競争力のあるものはまだ一つもない。

3. 原子力技術は急速な発展をとげつつあるから、あと10年もすれば競争力ある原子力発電の時代が到来するかもしれない。

大規模な原子力発電所の建設は、在来の発電所とは比較にならぬほど巨額の資金を要する。しかも現在では所要の経験が欠けているのであるから、大規模原子力発電所の建設は非常な経済的リスクを意味する。このリスクをできるだけ少なくするためには、原子力の経済的利用の段階にはいる前に、原子力発電所の建設と操業に関する広汎な経験を集積することが絶対的に必要である。われわれは在来の発電所に關する知識から、結局のところみずから発電所を建設し操業することによってえられた経

(6)

験に代りうるものは一つもないと確信している。原子力発電所については尚更そうだと思う。けれど原子力発電所に關する経験は現在まだ世界的にきわめて僅かしかないからである。したがってわれわれはここ当分の間、西独自身の施設によって原子力発電所の建設と操業、なかんづくそのコスト構造に關して、できるだけ多くの争柄を学ぶように努力しなければならない。

この種の試験用発電所はできるだけ小規模のものでなければならぬと同時に、将来の大規模発電所にも利用できる成果をあげるに必要な程度の大きさを持たねばならない。現在の段階では、単に経験を積むために何十万キロワットにも達する原子力発電所を建設することは無意味である。それよりもっと遙かに大切なことは、原子力の経済的利用が可能となる日の到来にそなえて、できるだけ多くの経験を積むようにすることである。そのためには各種の型の原子炉をそなえた多数の試験用発電所を建設しなければならない。以上のような立場から、RWEは試験用原子力発電所一箇所を建設するつもりであり、それと同時に他の西独またはヨーロッパの諸会社との間

(7)

に、原子力発電所建設と操業に肉してえられた一切の経験を完全に交換する契約を締結する用意がある。ただしこれはその会社が原子力発電に肉して同じような価値のある経験を有するという前提の下にである。また職員をそれぞれ違った発電所で訓練するという人員訓練の交換にも応ずる用意がある。かかる経験の交換範囲をひろげるため、またどれか一つの原子炉型を早まって採用するようなことを避けるために、契約当事会社がそれぞれ別な型の原子炉を建設するように協定することも考えられる。

RWEは他の企業にさきだつて原子力発電に肉する訓練を受けた人員をもつ必要性を認め、あらゆる機会をとらえて自社技術者に専門的訓練を与えるように努めてきた。米国アルゴンヌ国立研究所における期間7ヵ月の講習に最初に参加した4人のドイツ人のうち、3人がRWEの社員であつた。また英国ハーウエル原子炉学校に入学を許された最初のドイツ人もRWEの社員であつたし、ノールウエーのシエラー中央原子力研究所で協力した唯一のドイツ人もRWEの社員である。RWEはこのほか

(8)

原子力技術の組織的な訓練を計画しており、しかもその大部分がRWE自身の職員によつて行われる筈である。

RWEの考えでは、経験の集積という点からみると、1万キロワット程度の試験用原子力発電所が適当である。現にいくつかの国でこの程度の原子力発電所が計画されていることも、その証拠と考えられる。

そこでRWEは米英の会社10数社に対し、この程度の規模の原子力発電施設に肉して詳細な引合を発したが、現在まで7つの施設供給申込みがあつた。そのうちの6つは米国の諸会社からであり、1つは米英二社の共同申込みである。これらの引合の一部はドイツのメーカーを通じて行われたが、それというのでもRWEは現在の準備的段階においてもドイツのメーカーに対して原子力発電の分野に進出する機会を与えたいと考えたからであつた。われわれの考えでは、このような方法でドイツの産業界が原子力発電の分野に進出することはきわめて効果的であると思われる。その理由は、ドイツのメーカーが原子力発電施設の製造技術に習熟し、単なる下請メーカーから元請メーカーになるための方法としては、これが最も

早くかつ最も安い方法だと思われるからである。

われわれに呈示された各種原子炉型の細部についてはかなりの相違がある。たとえば原子炉の熱出力は 38メガワットから 59メガワットまでの開きがあるし、また発電能力も 9,300キロワットから 14,700キロワットまでの開きがある。引渡期間は最低36カ月、最高48カ月であった。問題なのは発電所の建設コストの算定である。というのは、売込み会社の一部は単に原子炉の供給だけを申出ているのに対して、他の会社は附属施設を本国の価格基準で計算しているからである。そこで同じ標準の下に各社の申込み価格を計算し直し、また一部の施設はドイツでも製造可能だと仮定すると、個々の試験用原子力発電所の総建設費(ただし炉心を含み、ウラン物質を除く)は最低2,200万ドイツマルクから最高5,000万ドイツマルクに達する。この建設費を発電能力で割ると、1キロワットあたり最低2,100ドイツマルクから最高5,000ドイツマルクとなる。年間操業時間数を7,000時間とし、—これは試験用原子力発電所としてはかなり高い—また資本に対する配当を18%とし、積立

(10)

金なしとしても、発電費は大体キロワット時あたり10プフェニヒとなる。これは一つの例では、19プフェニヒにも達するのであって、しかもそのばあい保険料、整地費附属施設費は恐らく安全には考慮されていない。つづきの申込みのうち 3つは加圧水型原子炉を基礎としたものであり、2つは沸騰水型原子炉、1つはナトリウム=石墨型原子炉、また1つは貯蔵型原子炉を基礎としたものである。売込み会社はいずれも、若干の費用を追加すれば施設の能力を著るしく高めることができる延べている。なかには原子炉能力を50%も高めることができると述べた会社もあった。

ウラン235の濃度も会社によって非常にまちまちであつて、最低2.2%から最高20%までの開きがあつた。またウラン装入量も原子炉の型によって違い、最低61.5キログラムから最高4960キログラムまであつた。原子炉に装入するウラン量の中面值としては、濃度2.5%のウラン約3500キログラムとみることができるであろう。そこで全体としてのウラン所要量は、分裂性物質の在庫貯蔵と放射された燃料要素の再処理とを考慮すれば、右

(11)

の数字の約2倍とみてよいであろう。

右に述べた発電原価は、ウラン物質が米原子力委員会によって年利4%を貸与されるという仮定に基づいている。ウランの代価と燃焼分コストは、ウラン235の価格がグラムあたり25ドル、天然ウランの価格がキログラムあたり40ドルとして計算されている。各申込会社はこの点に肉して何ら拘束的な説明をしていないが、これはウラン価格がもっぱら米原子力委員会によって決定されるからである。ところが、米原子力委員会は動力炉に関する双務的協定が締結された後でなければその条件を示さない。しかもそれは具体的な計画に対してのみ示される。また照射された分裂物質要素の再処理の問題についても、米原子力委員会のみが決定権を有する。最初は、燃料要素は形状を変えずに米国に返還すべきものと規定されていたが、その後この規定が変更されて、燃料要素の再処理を米原子力委員会が承認したヨーロッパの施設で行ってもよいことになった。もともとRWEはドイツの化学工業界に原子力分野へ進出する機会を与えたいと考えていたのであるから、この規定の変更を大い

(12)

に歓迎する。また原子炉で造られたプルトニウムについては、どのばあいでも米原子力委員会から原子炉経営当事者に対して代価が支払われることになっている。ただしプルトニウムの価格についてはまだ協定ができていない。

なお当社は売込みを申出てきている各種の原子炉に
関して、目下個々に徹底的な検討を加えており、また供給
会社と口頭および文書による意見交換を行っている。そ
れと平行して、米国で中立的な立場にある著名専門家団
に委嘱し、その鑑定意見をまとめてもらっている。どの
原子炉および附属施設を送るか、根本的には次の諸要
因によって決定されるであろう。

1. 操業人員および周囲の環境に対してどの程度まで
安全性を持っているか。
2. 故障や損害の点でその施設がどの程度信頼でき
るか。
3. 将来建設されるべき大規模発電所のためにどの程
度の経験がえられるか。
4. その原子炉型の将来性はどうか。

最後に下される選択が結局一つの妥協であることはい
うまでもない。技術の問題ではつねにそうだが、理想的
な解決というものはないのであつて、原子炉のばあいも
例外ではなく、理想的な原子炉なるものはありえない。

1955年12月にわれわれは米国に視察旅行を試み、

多くの専門家達に対し、最初の試験用原子力発電所に最も適した原子炉型は何であるかを訊ねたが、その結果次のような回答がえられた。

加水圧型原子炉	40%
沸騰水型原子炉	47%
ナトリウム-石黒型原子炉	13%

右の数字は、この点に関する意見がいかに岐れているかを示すにすぎない。進歩した原子炉型よりも比較的保守的な原子炉型を選べば、たしかに安全ではあるが、それによつてえられる経験が少いばあいであろう。さればといつて進歩的な原子炉型を選べば、実用化できない発電所を早まつて送んだという危険がある。

試験用原子炉に関する最近の経験から考えると、全然保守的な原子炉型でもそれを改良して経済的な原子炉に作り変える可能性があると思われるので、間違つた型の原子炉を選ぶ危険性をそれほど過大に評価する必要もないであろう。原子力発電に関するわれわれの最終目標は、プルトニウム—ウラン238またはウラン233—トリウムというサイクルを持った増殖炉にある。しかし転

換炉が増殖炉に先んじて経済的な原子炉となる可能性もないわけではない。

RWEは最終的決定を下す前に、米国の専門家達の意見を検討するばかりでなく、自己の計画をドイツの原子力委員会および下部専門委員会に提示してその意見を—ドイツ全体としての原子力開発計画の立場からみた意見も—十分に考慮するつもりである。

原子力発電所の建設コストと発電コストが非常に高いことから考えれば、今日原子力発電に多くを期待できないことが判るであろうし、原子力発電の競争力を早急に高める見込みがないことも判るであろう。また小規模な原子力発電所の建設費が非常に高いことは、一部の意見とは反対に、原子力発電所のばあいでも規模が大きくなればなるほど建設費が安くなるという法則が完全に通用することを示すものであり、むしろ資本集約的な原子力発電所のばあいには尚更そうだといえよう。

なお原子力発電の将来性に関して間違つた判断を下さぬようにここで断つておきたいことは、前記の1キロワット時あたり10プエニヒという発電コストは小型の試

験用発電所のコストだという点である。今後5年もすれば操業開始されるであろう大規模発電所のばあいには、各種の計画から判断すると、ノキロワット時あたり発電コストは恐らく半分に低下するであろう。それでもまだ経済的な競争力という点では在来の発電所と大刀打できないのであって、そこまで達するにはまだ何年もの発展を必要とする。

将来原子エネルギーが在来の火力発電と競争できるようになったとしても、在来の発電所から原子力発電所へと一挙に切換えが行われるわけではない。単に新設発電所数に占める原子力発電所の比重が漸次増加するということだけである。そのばあい、在来の発電所は原料条件の有利な場所に新設されるという傾向がよまってくるであろう。石炭資源の豊富な地域では将来ともかなり長い間火力発電の方が原子力発電より廉価であろうからである。この点はとくに安い褐炭についていえる。いうまでもなくRWEは火力発電の利点を今後とも利用すると同時に、消費市場中心の原子力発電が持つ一切の利点をも利用してゆくつもりである。

(16)

最初の原子力発電所は技術的に急速に陳腐化するであろうし、それとともにその経済的な価値も傷つけられるであろう。しかしそれは他の新式の原子力発電所と較べての話であつて、いつたん原子力発電が在来の火力発電と競争できるようになれば、その競争力はいつまでも残るであろう。というのは、原子力技術は急速に発展するから、原子力発電所の操業費は次第に低下し、既存の原子力発電所の操業費さえ低下していくのに反して、火力発電所の操業費はむしろ上昇傾向にあるからである。この事実は原子力発電の将来を明るくするものであるが、しかしそれを過大評価することは許されない。なぜかといえば、資本コストが最も支配的なコスト要因だからである。

これはよく耳にする懸念であるが、核融合と核エネルギーの電気エネルギーへの直接的転換に関する新たな発見が、一夜にして発電界に革命をまきおこすかもしれない、という意見がある。この意見によれば、だから核分裂によるエネルギー生産にあまり苦勞することは考えものだという。しかしかかる意見は完全に間違っている。

(17)

今日までのところ核融合の制御はまだ成功していないし、それを実現する方法も全く知られていない。のみならず、核分裂の例からみても判るように、新しい現象の実験室での成功からその経済的実用化までには、長い時間がかかるのである。かりに核融合が近い将来に実験室で成功したとしても、その大規模な経済的実用化が実現されるまでには、現在建設中ならびに計画中の原子原子力発電所のすべてがとつくの昔に備却を完了してしまっているであろう。

ヨーロッパのエネルギー経済は今日ますます外国の燃料に依存している。この依存性はウランまたはトリウムを燃料とする原子力発電のはあいにも明かに存続するであろう。しかし原子力発電のはあいにはその燃料輸送量がきわめて僅かであるから、この点はそれほど重大な問題とはならない。とくに最初の試験用発電のはあい、この依存性は全く問題とならない。また、1万キロワット発電所の操業によって生ずるプルトニウムの量も、全体としてみれば取るに足りない。こうみえてくると、この程度の規模の試験用発電所の燃料として濃縮ウランを使う

(20)

か天然ウランを使うかという問題は、大して意味がないのである。まして天然ウランを燃料として使用する小型発電所を低コストで建設することは、減速材に重水を使わぬかぎり、技術的に不可能なことを考えれば尚更である。RWEの考えでは、燃料の問題は将来大規模発電所の建設のはあいに問題となってくるのであつて、当面の小型の試験用発電所のはあいには考慮しなくてもよいと思われる。

以上述べたRWEの計画はすべて、将来原子エネルギーの経済的実用化時代の到来にそなえた準備工作であつて、これを経済的に許せる程度の資本投下によつて行おうとしているわけである。原子エネルギーの実用化が実現してからも石炭は発電燃料として長く使用されるであろうし、しかもますます多量に使用されるであろう。この点は事態の発展を冷静かつ眞剣に眺めてきた者ならば誰でも知つてゐる通りである。原子力時代になつても電気が一切の目的に適したエネルギー源ではないという事情には変りはないであろうし、石炭は単に燃料として使用されるばかりでなく、きわめて貴重な原料としてますます

(21)

す使用されるであろう。今日新炭坑が掘られ褐炭田が開
発されると、それは現在の緊急な需要をみたすという
点では勿論のこと、——原子力時代の到来にも拘らず——
将来のための貴重な準備と見做すことができよう。

原子力発電時代がいつ到来するかということは、もつ
ぱら原子力発電と火力発電のコスト関係に左右される。
これこそ一切の政争から離れて、過大な期待を抑制する
反面、不決断を打破するところの、客観的な基準にほか
ならない。