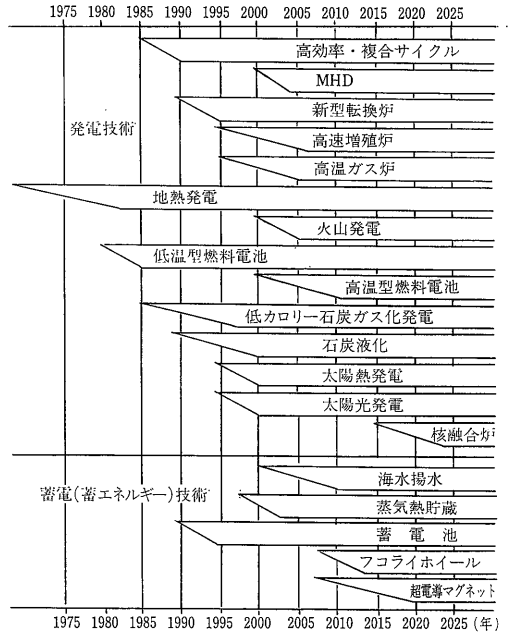


電力エネルギーに関する地下の利用

林 正 夫 (電力中央研究所)
Masao HAYASHI

時間が限られておりますので まず何を提言すべきかということをお願いさせていただきます。 どうも地中に対してのニーズは非常に多いけれどもお金がかかりすぎて なかなか地中の空間を使えないというのが実情でございます。 私自身 土木技術者でございますので 土木関係からみますと 提言としましては 「いかにして 3000~5000m の地中の所定の所まで自在に 安く 早く到達するか」というロボット掘削・探査技術のことに尽きるように思います。 そういう意味で今日のいろいろなお話のテーマが ボーリングは誰かがやってくれるものとする意識が潜在しているように思います。非常に単純な話でございますが 3000~5000mまで掘れる日常的なボーリングの技術 その基礎になります材料の開発 高温・高圧での材料の開発 自在に所定の方に曲げられるロボット技術 恐らくこれらに尽きるんじゃないかなと思っております。 そういう意味で 日本の頭脳が集まっていっしやる筑波の場で その種の論議がもっと日常的にいろいろ展開されれば 恐らく地中はいろいろ開発されていくのだろうと思っております。このことはロケットが自在に日常的に上り出したから宇宙の夢がふくらんだことと軌を一にしていると思っております。 以上が提言でございます。

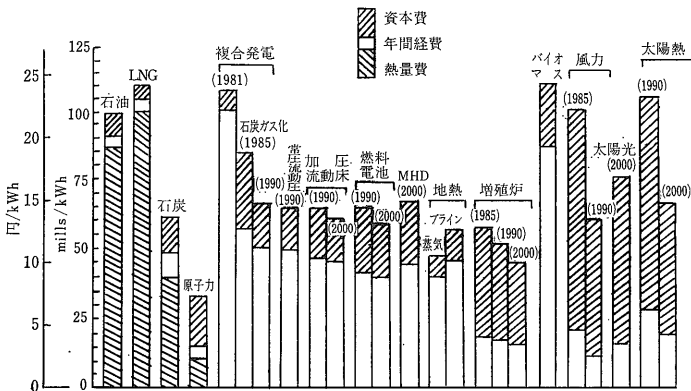
それでは配布しました資料「エネルギーの地下備蓄における地盤耐震工学の役割—地中開発について」によりまして説明させていただきます。 まず 新しい発電技術の実用化の時期の予測でございます。 予測といた



第1図 新しい発電技術の実用化の時期予測 (電研)。

しましては 1990年 2000年あたりまでになんかなり実用化に向けて展開できる(第1図・第2図)。 実用化にいたっておりますものが 高効率の複合発電というものがございいます。 これはガスタービンと蒸気タービンを組み合わせまして 熱をほとんど十分に使いきろうということ

で 2000年までにものになりまして 恐らく日本が一番レベルの高い火力発電システムをもつであろう ということになっております。これはかなり確度の高いものでございいます。それからもう1つは地熱発電でございますけれども まだどこでもやる程進歩していないこと 環境を重金属あるいはイオウによって汚すということで環境庁からいろいろクレームがつくので バイナリ発電がよろしい。 地熱について最近ハイペースで進んでおります国が日本の近くではフィリピンがございいます。 フィリピンは日本の5倍程度で



第2図 電力コストの展望 (EPRI, 1981)。

すが 確かここ10年程の間に開発が進みまして 私共のモデルになる地熱国でございます。恐らくニュージーランドとかアメリカなどの技術が集中的にそこで花を咲かせている というように聞いております。 したがって 地中空間の開発は 先程述べました地中のある所にアクセスすることをいかに安く いかに日常的に実行できるかという技術であり まず地熱開発でもちまして展開され 突破口になるように努力したいと思っております。

やはり20年 30年 50年先までをみますと 何かキックになる技術が途中で必ずございましてジャンプしていくものと思います。これが地中開発の場合は恐らく地熱という practice でもって鍛え上げられていくんじゃないか そう思っております。

それから2000年までという意味では あとは燃料電池というのがございます。これは LNG ガスでございますが 200°Cくらいの温度で水素を少し添加しまして天然ガスをリニ酸型の燃料電池にふっかけますと それはケミカルな反応ですぐそのまま電気に転化します。一種の直接的なエネルギー変換のプロセスでございますが非常に効率の高いエネルギー転換の技術でございます。これは恐らく 今から 10-15 年先には今の地中発電所あるいは火力発電所が この種のコンバーターで置き換えられまして地中の火力発電所で電気になるというふうになっております。ですから直流の世界にまた少しもどっていくというようなものでございます。

あとは2000年までに変わったものとしましては蓄電池の開発がございます。自動車に積んでいるバッテリーのかなり大規模なものが集積的に使われれば 夜間の余った電気を地中配電所に蓄えておきまして昼間に使うということで トータルのエネルギー効率は上がってまいります。そういうこともかなり展開されつつございますが これにはまだ環境問題がございます。

2020年までをみますとまた新しい展開がでます。原子力発電に関する高速増殖炉については今 日本ではままだ数 10万kW のものをつくらうとしておりますが それが本当に電気を生みだすまでにはまだ20年はかかります。高速増殖炉はやはり核分裂のさいたるものでございまして エネルギーの生産性は高くても 非常に高密度なエネルギーの使い方をしますこと バックエンド対策がひかえております。その意味では地中の空間をじょうずに使ってプラントを耐震的に設置するという地中空間の利用技術 バックエンドとしての地中空間の利用技術というものは21世紀にむけて重要になるであろうというふうになっております。軽水炉では安全性の技術が地上型で定着しつつあり 地中空間を活用するのは 土地

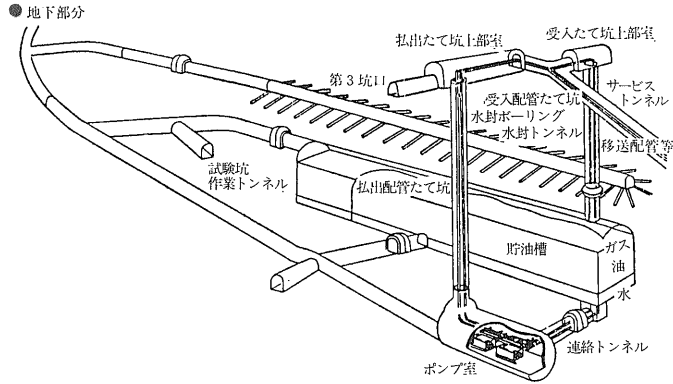
が余ほど足りないと言った認識が広まったときでしょう。

余談ですが 太陽光発電がかなり安くできる時代になりつつありまして アモルファス技術により現在の太陽光発電のコストが恐らく1/5から1/10に下がってまして アメリカのある地方では水力発電と同じ程度に安いエネルギーになります。恐らくそれは2000年までに太陽瓦といえますか アモルファス・シリコンの屋根瓦が太陽光のコンバーターとして登場する。これによりまして民生用のエネルギー つまり私共の家庭用のエネルギーの1/4-1/3 くらいはまかなえるというふうな目算が日照の強いところでは成りたつ夢がございまして 非常に心強いことだと思っております。

それから核融合につきましては 今の時点 原子力研究所や各大学で行なわれておりますが 非常にまだ先が長い。これも中性子を中心とします耐中性子材料その他材料の開発が最も重要でございまして 現時点では非常に多くの問題がございます。プラズマの保持のためには超電導コイルの磁場が必要になり その反力は岩盤でとる地中構造物が登場してくると思います。

以上のように 地中空間にまつわりまわることがいくつかございまして 生産そのものに関することと単なる空間の利用に関することと 封じ込め作戦に関すること。いろいろ違う局面がございまして是非それらを整理しましていろいろ工学的な論議が展開されることが 地中空間利用のサイエンスにつきましても今後必要になるだろうと思います。そのためにはもちろんジオサイエンスそのものがまず重要なことは当然でございます。

これから施設に関しましては具体的なお話をいくつかしてみます。最初に水封式石油地下タンクをとりあげてみます。既に 菊間地点 御存知かと思いますが 愛媛県松山の近くの花崗岩の地帯に 海岸に近く設置されましたトンネルと地下空洞でございます。海水面から約80mないし100m 下に貯油層となる大きなトンネルを設けてあります。花崗岩の非常に上等な岩盤の中です。特徴としましては 水封式ということでございまして その空洞の上約20-30m のところに枝坑を掘りまして そこまでは水を満たしておきます。(第3図) 空洞が完成するまでに水を満たす。そういたしますと理論上同様に水圧がこの空洞のまわりに十分に働きまして ためましたこの燃料油のガスなどがあふぶくとなつて上に逃げていくのを防ぐことができます。火災その他環境上の問題もございまして 逃げていくことに対する protection の意味で 人工の水みちを配しまして 水を十分に滲透させ封じ込め作戦をとるという形式でございまして。これはスウェーデンを中心としてロックストアと称しまして開発されたシステムでございます。



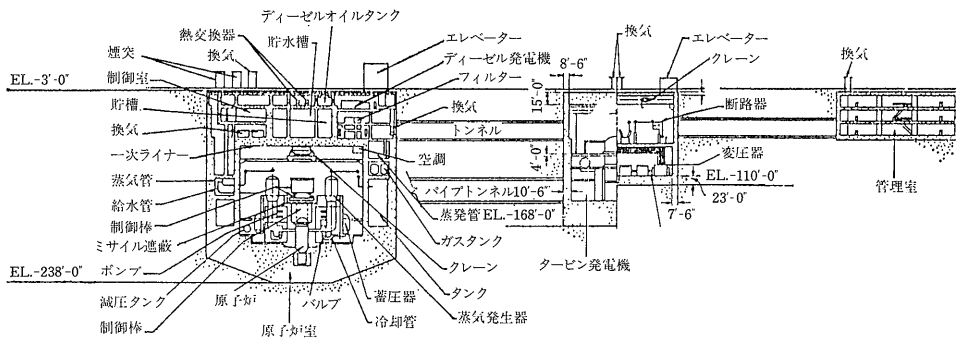
第3図 水封式石油地下タンク。

日本でこれをやりだしましたのが 7-8 年前でしょうか。私共の方も 今日ご説明する時間はございませんが いろいろ事前の theoretical な検討——耐震問題とかあるいはガスの逃げ方 地下水の挙動 掘削によります岩盤のゆるみなど——を実施いたしました。それを通産省の方で活用されて いろいろのプロジェクトを実施に移して現在ほぼ完全に目的を果しましてもう実用になっております。これにつきましては当地質調査所の方々がいろいろ指導されて現在は実証試験と申しますか 実際のためにためてみた結果ということができておるかという後の状況を解析されております。これが第一ケースで恐らく第二 第三 第四のケースが東北地方とか九州その他で展開されるという状況にいたるだろうと思っております。

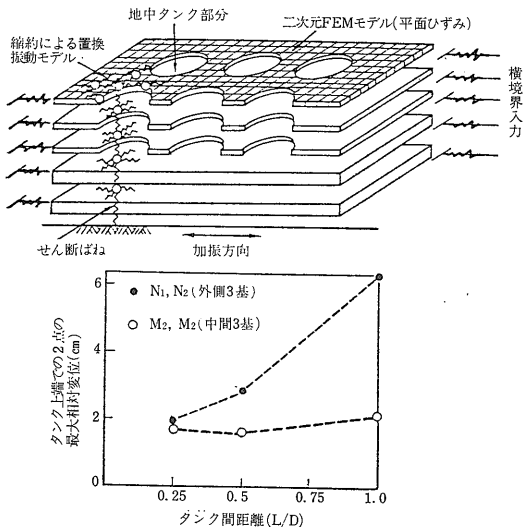
それから21世紀における地中式の燃料電池発電所や原子力の地下立地のモデルがございます。これらは発電所を地下に設置をしようということで 土地の有効利用のためでありまして オープンカット式やキャビティー・スタイルのものなどについて 紙の上の試案は出されています (第4図)。現在の技術レベルによりますと地上に置くのに比べましてほしい2割から4割くらいのトータル・コスト高になるだろうという見通しでございます どうしてもやらなくてはいけないというニーズ

がでないかぎりでは 現時点では地上式の方にどうしても軍配が上がります。 いずれにしてもコストダウンの技術開発が先決で そのあといろいろな社会的なファクターをどう評価するかということに尽きるように思っております。

それから次は超高落差 揚水発電 中小水力の発電などにおきます水圧トンネル工事の合理化がございます。現在 500-800m の落差を活用しまして地下の水力発電所をつくる。水のヘッドをタービンを回すためにつくるという かなり高級な技術が既に出上がっております。岩盤力学的にはクリープの問題とか 掘削によるゆるみの問題とか あるいは鉄管の荷重を岩盤に負担させてしまうという 岩盤と steel structure の interaction の問題もございますが 500-800m のレベルにまで達しております。ただ 将来を考えますと これを1500mくらいの高落差 超高落差まで展開をしていきたいという経済性から必要になる目標がございます。 その場合には何かキックになる技術 トンネル・ボーリング・マシンの活用などがあり コストがかなり下がる見通しが必要になります。それから合成樹脂材料を導入しました水圧に耐えるライニング・ストラクチャーあるいは深部の地質調査のためのボーリング ロボット・システム これらのものが実用になる必要があると思っております。



第4図 原子力地下立地モデル (第4紀地盤たて型)。

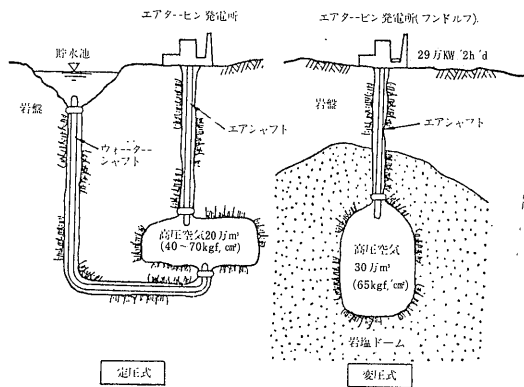


第5図 群設地中タンクの肉空変位の動的応答解析。

地中との関係ではさらに恐らく水素時代には storage の問題がでてまいります。爆発的で危険なものでありますのでこれをどうまく貯蔵するかという技術 恐らく production と storage というものが水素エネルギー時代には連結された姿で実現されていくんだらうと思います。その種のことが当然でてまいります。ただ現在 LNG 地下タンクにおきまして既に 6万klとか10万klのものがオープンカット式の地中タンクの中で貯えられておきまして耐震技術的にはほぼ大丈夫であるように思っております (第5図)。

それから高压の空気貯蔵があります。これはピーク発電用の水をためる代りに compressed air にしまして地下にためておこうというドイツでの現物29kW ぐらいの発電所ができておきます (第6図)。これが揚水発電所と比べましてどういういい点があるのだろう。結局 location の問題でございましてあまり都会地に遠くない所でこの種の storage ができる岩盤がございまして 経済的にはかなり良好な状態になります。日本でも需要地に近い所でこの種のキャビティーがつけられる土木工学上の目途が立ちますと一つの地下空間の利用になります。先程の水封式地下タンクによりまして実証された同じ手順で少しずつ実用化されると思います。

次に 21世紀のためには超電導エネルギーシステムも検討の余地がございまして (第7図)。直径が 140m のドーナツ状のトンネルを掘ります。そして超電導のコイルを配線しておきます。極低温の世界ですから断熱壁をまずコイルの周りにめぐらします。そうすると電

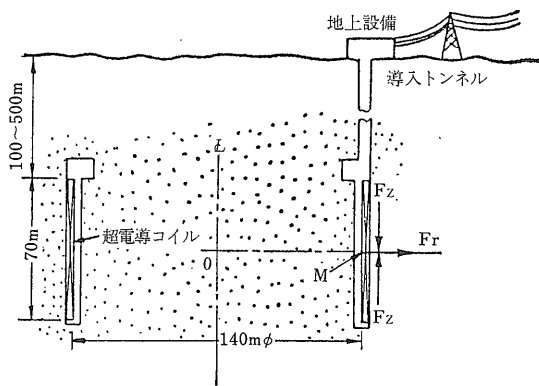


第6図 高压空気地下貯蔵式ピーク出力発電所。

気が起こると必ず電磁力が発生し 遠心力方向あるいは直角方向にリアクションが発生いたします。そのリアクションの大きさが約 1000トン/m が現在の設計値になっております。これは 100万kWの揚水式の地下発電所にほぼ匹敵する場合のものでございまして 7-8時間の電気を storage できるというわけでございまして。世界にまだこれではございません。以上が非常に新しい 21世紀型用の夢のストックでございまして。

あとは放射性廃棄物のこと その他でございまして時間もなくなりましたのでこれで終わります。

ただ非常にベーシックなといえますか かなり基本的な基礎実験を私共の方でも耐震性の問題 あるいは岩盤のゆるみの問題 地下水の動きの問題 あぶくの挙動その他やりましたので 興味のある方はあとで参考文献その他と見比べていただきまして いろいろまた御意見をいただければありがたいと思います。



第7図 超電導エネルギー貯蔵システム。