

審査の結果の要旨

氏名 八田敏行

わが国では電力負荷の日間・季節間変動が大きく、原子力発電所や石炭、石油火力発電所の負荷平準化のための電力貯蔵技術が必要とされてきた。しかし、現在部分的に夜間揚水・昼間発電が行われているのみで、平準化の程度は甚だ不十分であり、今後の新たな電力貯蔵技術の開発・施設の建設が待たれている状況がある。

著者は、本論文において大規模な電力貯蔵を目的とした「地下岩盤空洞内熱水貯蔵・発電システム」を提案している。これは発電所において、夜間運転時に発生する蒸気の一部を地下岩盤内に建設した大規模空洞に熱水として貯蔵し、需要の大きい昼間に排出し、専用の蒸気タービンを用いて、通常の主タービンと並列運転するシステムである。地下貯槽は深度約 500m 程度、貯槽容積は約 10 万 m^3 、ピーク時の出力は 20 万 kW、貯蔵最大圧力 5MPa（熱水温度 264°C）と想定されている。高温蒸気・熱水を圧力容器に貯えることは工場などで古くから行われており、発電所の蒸気を地下に貯蔵する概念についても以前に提案されたものもあるが、このような高温高圧の大規模貯蔵の実現性に関する詳細な検討や課題の抽出は世界的にも行われておらず、実現された地下施設もない。著者は提案したシステムの実現性を工学的に示すため、技術的観点、および経済的観点から詳細かつ総合的な検討を行っている。

技術的観点（工学的実現性）からは、海外・国内調査（立地可能性および岩盤空洞利用動向調査）による予察的検討、数値解析による岩盤空洞気密性・保温性の検討、実験および解析による岩盤空洞力学的安定性の検討が行われている。

まず、国内調査の結果から、①多数の既存発電所サイトにおいて安定な岩盤が存在し、提案されたシステムを適用し得る可能性が高いこと、②空洞壁面の気密性を確保するためには、金属などのライニングを行わず、簡単な岩盤補強と地下水圧による水封のみで可能であろうこと、を多くの事例から定性的に結論している。

次に、本システム成立の可否の最大要件である岩盤の“気密性・保温性”を確認するため、水-蒸気 2 相流・熱伝導連成解析により詳細に検討している。この結果、高温の蒸気・熱水の貯蔵においても水封機能は十分に機能すること、貯槽の貯蔵効率は非常に高い（98%程度）こと、周辺岩盤への熱伝導による温度上昇の影響は貯槽周辺に限られており、50 年程度の操業を仮定しても地表環境への熱的影響は及ばないことを明らかにしている。

さらに、貯槽空洞の高温・高圧下における力学的安定性について実験的、理論・数値解析的検討を行い、物性値の温度依存性を考慮する場合もしない場合も、空洞周辺において安全率が 1 以下となる領域は小さく、貯槽空洞は十分に安定していることを明らかにしている。

とした。実験的にも、亀裂を有する花崗岩試料による高温下の実験から、岩石の熱膨張特性に対するき裂、および充填物の影響についても検討が行われている。

以上の検討から十分な技術的成立可能性が確認されたことを受け、システムとしての経済性に関する総合評価が行われている。まず、100万kW級の原子力発電所に貯槽容積約10万 m^3 、ピーク時出力20万kW、発電時間8時間の地下空洞熱水貯蔵・発電システムを併設したときの適用性が詳細に論じられている。この時のシステム全体の貯蔵効率は80%以上と高く、また建設コストも8万円/kW以下、ピーク時の発電単価も10円程度と非常に安く、既存の揚水発電などと比較し十分な競争力を有していることが明らかとされている。また、火力発電所における試算においても、原子力発電の場合より効率は低下するものの、老朽火力のリパワリングにおける有用性が論じられている。

以上のように、本研究は地下空間の3次元的な大規模利用を進めてきた著者が、岩盤内熱水貯蔵発電システムを提案し、その実現可能性を技術的・経済的に詳細かつ総合的な研究を行い明らかにしたものである。地下空間利用の新たな展開を方向づけるものであり、特に、原子力発電におけるエネルギーの効率的利用を促進し地球環境負荷軽減につながる技術として、本研究の結果は多大な寄与をするものと期待される。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。

学 力 の 確 認 の 結 果 の 要 旨

論文提出者氏名 八 田 敏 行

審査委員会は、平成 15 年 7 月 25 日に論文提出者に対し、下記のとおり、学力の確認を行った結果、総合して 優 と判定した。

以上の成績により、論文提出者は専攻学術に関し、本学大学院の博士課程を終えて学位を授与される者と同様に広い学識を有するものと認定した。

記

試 問 の 方 法	科 目 の 種 類	成 績
筆 答 お よ び 口 頭	地球システム工学	優
外 国 語	英 語	優

試 験 の 結 果 の 要 旨

論文提出者氏名 八 田 敏 行

審査委員会は、平成 15 年 7 月 25 日に論文提出者に対し、学位請求論文の内容及び専攻分野に関する学識について口頭による試験を行った結果、本人は博士（工学）の学位を受けるに十分な学識と研究を指導する能力を有するものと認め、合格と判定した。