

Title	太陽熱利用ハイブリッド型CO2回収火力発電システムに関する研究
Author(s)	小杉, 隆信
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3169561
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	小 杉 隆 信
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 5 0 4 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 1 2 年 1 月 3 1 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	太 陽 熱 利 用 ハ イ ブ リ ッ ド 型 CO ₂ 回 収 火 力 発 電 シ ス テ ム に 関 す る 研 究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 辻 毅 一 郎 (副査) 教 授 松 浦 虔 士 教 授 熊 谷 貞 俊 教 授 高 城 敏 美 助 教 授 朴 炳 植

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、太陽熱エネルギーを利用し、CO₂ 排出削減を効率よく行うことができる新しい火力発電システムである太陽熱利用ハイブリッド型 CO₂ 回収火力発電システムに関する研究の成果をまとめたものであり、以下の7章により構成されている。

第1章は緒論で、自然エネルギーである太陽エネルギーを利用して発電システムからのCO₂ 排出削減を図ることの必要性を述べた上で、本論文の意義および目的を示している。第2章では、太陽エネルギー利用発電システムに関する従来の研究開発動向を整理し、これまでに開発あるいは提案されている太陽光発電システムおよび各種の太陽熱発電システムの特徴および問題点を考察している。また、本論文で検討対象とする、太陽熱エネルギーと化石燃料の両方を利用する太陽熱利用ハイブリッド型 CO₂ 回収火力発電システムについての説明を行っている。

第3章では、検討の対象とした太陽熱利用ハイブリッド型 CO₂ 回収火力発電システムおよび比較のための種々の発電システムの発電特性を推定するために開発した計算機シミュレーションモデルの概要を述べている。

第4章では、日本国内のある地点（大阪市）に本ハイブリッドシステムを設置するとの想定の下で1時間毎の運転特性シミュレーションを行った結果について述べている。特性推定結果を基に、本ハイブリッドシステムを運転することにより得られる粗利益を推定した結果、電力会社から電気を購入するよりも経済的に有利になる可能性があることを示している。

第5章では、本ハイブリッドシステムに加えて従来型の太陽熱発電システムおよび太陽光発電システムを評価対象として取り上げ、世界のさまざまな日射条件下における各発電システムの特性および経済性を評価することにより、太陽熱利用ハイブリッド型 CO₂ 回収火力発電システムの有する特長を定量的に示している。

第6章では、今後商用電源として多く導入されると期待されているコンバインドサイクル発電システムを比較対象として取り上げ、検討システムである太陽熱利用ハイブリッド型 CO₂ 回収火力発電システムが商用システムとして導入されるための経済的要件を検討している。

第7章は結論であり、本論文で得られた知見を総括している。

論文審査の結果の要旨

化石燃料の有効利用および環境への影響の軽減を図るためには、エネルギー利用効率を上げて化石燃料の消費を減少させるとともに、自然エネルギーの利用を促進することが重要である。自然エネルギーの中では、最も豊富に存在する太陽エネルギーの利用が期待されている。しかし、太陽エネルギーを利用する発電プラントのうち太陽熱発電プラントでは、設備容量を大きくして電力を多く取り出そうとするとその設備稼働率が低下するため経済性の悪化を招き、逆に設備容量を小さくすると入射エネルギーの多くが電力に変換できない。そこで、太陽熱エネルギーが十分得られない場合に補助燃料あるいはガスタービン排熱を利用して高温高压の蒸気を製造し、これを蒸気タービン発電に使用することによって発電プロセスの設備利用効率の向上および高効率化を図り、経済性を改善する方法が提案されている。しかしこの方法は単に従来型の火力発電システムと太陽熱発電を組み合わせたシステムであるので化石燃料節減効果があまり期待できず、したがって二酸化炭素の排出削減効果も期待できない。

一方、最近、太陽熱を利用して製造した蒸気をガスタービンの作動流体として利用するという従来にはない技術を適用した太陽熱利用ハイブリッド型CO₂回収火力発電システムが提案され、種々の検討が行われている。この発電システムはH₂Oガスを主作動流体として利用し、排ガス中のCO₂を全て回収するため大気中へのCO₂排出を避けることができ、環境への影響を軽減した高効率発電システムとして注目される。しかしながら、他の太陽エネルギー利用発電システムや従来型火力発電システムと比較してどのような特徴があるかについては未だ明らかにされておらず、その導入可能性についての十分な検討もなされていない。

本論文は、そうした背景の下で、上記の太陽熱利用ハイブリッド型CO₂回収火力発電システム（以下では単にハイブリッド型システムと呼ぶ）の特性ならびに経済性の評価を詳細に行った結果をまとめている。得られた知見を要約すると以下の通りである。

- (1) ハイブリッド型システムの特性を系統的に検討するため、オブジェクト指向に基づく計算機シミュレーションモデルを確立した。
- (2) (1)で開発したモデルを用いてハイブリッド型システムの特性を検討した結果、立地点を大阪、集熱器面積を10 haとしたとき、基準システム（定格正味発電出力5 MW、蒸気アキュムレータ内容積 5.0×10^3 m³、同最低出口圧力10 kg/cm²a）の年間発電電力量37.8 GWhに対して年間燃料消費量は4.0 ktであり、これは従来型の火力発電システムと比較して約40%の燃料節約となることを明らかにした。さらに償却年数で経済性評価を行った結果、基準システムがほぼ最適な構成であり、燃料単価が1.6円/MJの高水準であっても、全発電コストは業務用電力の購入単価より低くなることを明らかにしている。
- (3) 日射条件の大きく異なる5地点について、ハイブリッド型システム、従来型太陽熱発電システムならびに太陽光発電システムの三つのシステムを比較評価した結果、総合正味エクセルギー効率は想定したいずれの地点においてもハイブリッド型システムが他の二つのシステムよりも高いことが明らかになった。発電単価の推定結果は建設コストや燃料単価の想定値に依存するものの、概ね日射条件の良い地点では従来型太陽熱発電システムの発電単価が、日射条件のあまりよくない地点ではハイブリッド型システムの発電単価が三つのシステムのうちで最も低くなる傾向があり、その値は従来型火力発電システムに比べておよそ1.5倍程度になることが示された。
- (4) 世界の平均的な日射量とほぼ同程度の日射量が得られるオタワを立地地点として、炭素税が将来導入されるとの前提条件の下で、ハイブリッド型システムが導入され得る条件を、コンバインドサイクル発電システムおよび太陽光発電システムとの比較により分析した。その結果、a) 集熱器建設費が1.8万円/m²、太陽光発電システム建設費が40万円/kW、燃料単価が1.2~1.6円/MJと想定したとき、ハイブリッド型システムは炭素税約7万円/t-c程度以上のものとで三者のうちで最も有利となること、b) 集熱器建設費が1.4万円/m²、太陽光発電システム建設費が30万円/kWと想定したときは、燃料単価が1.2円/MJであれば、ハイブリッド型システムは炭素税約7万円/t-c程度以上のものとで三

者のうちで最も有利となるが、燃料単価が1.6円/MJ になると太陽光発電システムが最も有利となること、が示された。

以上のように、本論文では、新しい太陽熱利用ハイブリッド型 CO₂ 回収火力発電システムについて、システムの最適規模、日射条件の影響、経済的導入要件に関する詳細な検討を行い、本システムの発電技術における位置づけを明確にしている。今後、化石燃料の有効利用と環境影響の低減化を進めるため、燃料単価や炭素税などに依存してそれぞれ優位性の異なる複数の発電システムの開発を並行して進める必要がある。本論文はそのような新発電システムの技術・経済的特性を明らかにするとともに今後の技術開発へ向けての指針を与えており、新しい発電システム技術開発分野に貢献するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。