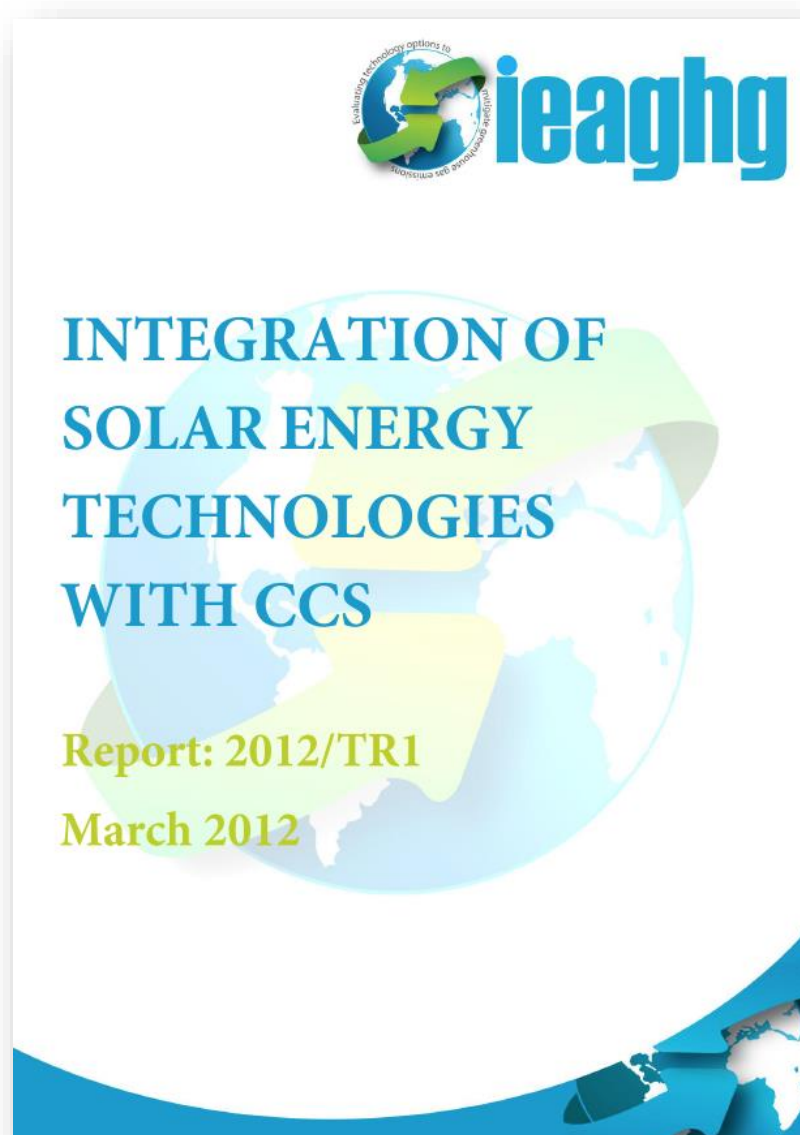


太陽エネルギー技術の CCS への 適用検討

2012 年 3 月



本レポートは日本メンバーの便宜のため“Integration of Solar Energy Technologies with CCS”を英語から日本語に翻訳したものです。グローバル CCS インスティテュートは、本レポートの日本語版に翻訳された内容の正確性、信頼性、または完全性を保証するものではありません。

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

The International Energy Agency (IEA) was established in 1974 within the framework of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) to implement an international energy programme. The IEA fosters co-operation amongst its 28 member countries and the European Commission, and with the other countries, in order to increase energy security by improved efficiency of energy use, development of alternative energy sources and research, development and demonstration on matters of energy supply and use. This is achieved through a series of collaborative activities, organised under more than 40 Implementing Agreements. These agreements cover more than 200 individual items of research, development and demonstration. IEAGHG is one of these Implementing Agreements.

DISCLAIMER

This report was prepared as an account of the work sponsored by IEAGHG. The views and opinions of the authors expressed herein do not necessarily reflect those of the IEAGHG, its members, the International Energy Agency, the organisations listed below, nor any employee or persons acting on behalf of any of them. In addition, none of these make any warranty, express or implied, assumes any liability or responsibility for the accuracy, completeness or usefulness of any information, apparatus, product of process disclosed or represents that its use would not infringe privately owned rights, including any parties intellectual property rights. Reference herein to any commercial product, process, service or trade name, trade mark or manufacturer does not necessarily constitute or imply any endorsement, recommendation or any favouring of such products.

COPYRIGHT

Copyright © IEA Environmental Projects Ltd. (IEAGHG) 2012.

All rights reserved.

ACKNOWLEDGEMENTS AND CITATIONS

This report describes research sponsored by IEAGHG. This report was prepared by:

Mr M R Haines

The principal researchers were:

- Mr M R Haines (Cofree Technology Limited)

To ensure the quality and technical integrity of the research undertaken by IEAGHG each study is managed by an appointed IEAGHG manager.

The IEAGHG manager for this report was:

Mr T Dixon

The report should be cited in literature as follows:

'IEAGHG, "Integration of solar energy technologies with Carbon Capture and Storage" 2012/TR1, March, 2012.'

Further information or copies of the report can be obtained by contacting IEAGHG at:

IEAGHG, Orchard Business Centre,
Stoke Orchard, Cheltenham,
GLOS., GL52 7RZ, UK
Tel: +44(0) 1242 680753 Fax: +44 (0)1242 680758
E-mail: mail@ieaghg.org
Internet: www.ieaghg.org

エグゼクティブ・サマリー

本調査は、CO₂回収貯留(CCS)と再生可能エネルギー技術を、相乗効果を高める方法で統合する機会を特定および定量化すること、また再生可能エネルギー発電業界に恒久的な成果を残す可能性のあるあらゆる選択肢を見出すことを目的に実施した。複数の興味深い選択肢が調査され、燃焼後回収 CCS にともなうエネルギー損失を補償するために再生可能熱エネルギー活用する事について、詳細なレベルで研究した。

調査した選択肢は以下のとおりである。

- CCS 用溶媒の再生および発電所のその他の熱需要向けの集光型太陽熱エネルギー
- 集光型太陽熱発電(CSP)のための、エミッションフリーの補助燃料としてのガス化/CCS からの水素
- ガス化/CCS/水素/CCGT 発電所に負荷追従能力を提供する、圧縮空気エネルギー貯蔵(CAES)システム
- CCS一焼成反応と水素生産を補助する高温化学反応への集光型太陽熱の利用
- CO₂貯留層からの水除去への余剰風力エネルギーの利用

CCS 用溶媒の再生と発電所のその他の熱需要向けの太陽熱エネルギーの利用は、最も有望な組合せである。典型的な場所に位置する 1GW クラスの大型発電所から程よく近い範囲内で集積可能なエネルギー量が検討された。このような場所は、CSP の利用に適した砂漠地帯よりも日照レベルが遥かに低い、温暖気候地域に存在することが多い。また太陽熱エネルギーの集積は現地周辺の一定の範囲内で行われなければならない、最も遠いソーラーアレイでも 2km 以内にする必要があることも考慮された。温暖気候地域の晴れた日中のピーク放射時間帯では、CCS による損失と、所内の多くの低温供給水加熱をすべて負担できる十分なエネルギーを収集することが可能になる。しかし 24 時間で考えると、補えるのは CCS による損失の一部のみである。発電所の化石燃料の利用効率は正味 3%程度しか改善されない。さらに大幅に改善するには、熱の貯蔵が必要となる。これは、可能性はゼロではないものの、非常に大規模なものとなることが示された。さらに、高度な集光型の太陽熱発電システムは直達光しか利用できないため、拡散光と直達光の比率も検討しなければならない。低緯度の主要な太陽光発電地域では、直達光が日照量の 80%を占める。この数字は北の高緯度地域では 40%まで下がる。

土地利用の面からも、また電力変換効率全体から見ても、熱貯蔵による熱エネルギーの供給、すなわち通常は溶媒の再生とボイラーの給水加熱に使用される抽気蒸気による熱エネルギー供給の一部を代替することはむしろ非効率的であることが調査から証明された。一見すると驚くべき結果である。前者については、蓄熱媒体の加熱と冷却にはエクセルギー損失が伴うため、リニア・ソーラーアレイが持つ高温生成能力がフルに活用されないことが理由である。後者の理由は、蒸気の抽気率が時間帯で変動するため、蒸気タービンの効率が低下することにある。これらの効率低下はそれ自身の値はごく小さいが、発電出力への影響は大きい。したがって、ソーラーアレイから抽出される熱の利用に適した専用の蒸気タービンを設置するほうが、遥かに効率的であることが明らかになった。

さらに、本調査では、リニア・フレネル・アレイによる直接高温蒸気生成により、発電所周辺で実質的に収集可能なエリアを最大限に活用できることが示唆された。ホストとなる CCS プラントの役割は、ソーラータービンのウォームアップとスタンバイの管理のみである。ソーラータービンは、最大効率で運転されている主タービンから抽出された蒸気を効率的に(電気)に変換するために活用できるので、電力需要の高い時間帯に、CO₂回収を中断して、そこで消費されていた熱エネルギーを発電に回すことが可能となる。このプラントは、簡単な改修によりスタンドアロンで稼働できる高効率な太陽熱発電所にできるが、このとき CCS プラントから受け継げるものあまりない。

調査した他の選択肢の中で潜在的な可能性を示すのは、ガス化/CCS プロセスで生成される水素を高温 CSP と CAES システムに供給する 2 方式のみである。しかし、前者は、水素の発電効率が、スタンドアロンの IGCC/CCS プラントよりも低くなる。CSP の補助燃料として天然ガスを使用する代案は経済的であるが、CO₂ 排出量が著しく増加し、この場合も、スタンドアロンの CCGT プラントよりもガスの発電効率が低くなる。CAES は、IGCC/CCS と同程度の効率で水素を活用できる場合もあるが、そのような状況が成立し得るか否かを判断できるほど、効率に関する十分なデータが揃っていない。いずれの方式においても、水素貯蔵は出力の変動を抑えるのに役立ち、最終的に全体的な発電効率の改善につながると予想される。

調査した他の 2 つの選択肢は、実現可能とみなされていない。高温太陽熱を化学エネルギーへ変換するプロセスは、まだ開発の初期の段階にあり、熱・物質輸送の必要性がシステムの統合を困難としている。余剰の風力エネルギーを活用し、CO₂ 貯留層からの水を抽出し、貯留量または圧入速度を増やす選択肢は実現可能である。しかしそのための電力需要は極めて低く、電力の負荷平準化が問題となる場合は、重要視されることはないだろう。

燃焼後回収における CSP 利用について検討するため、追加検討を期待する。この課題に関しては、すでに非常に楽観的な論文がいくつか発表されている。追加検討は以下を含む。

- 利用可能な土地面積と太陽光強度パターンを判断するための発電所の現地調査。
- CSP との組合わせた際の稼働条件となり得る、無負荷条件下での蒸気タービンの性能の詳細な分析。
- 様々な選択肢の実際の効率についてのより詳細な計算と検証。
- 環境への影響と二次的な土地利用の影響すべてについての徹底した考察。

近い将来に、CCS のライフサイクル分析に関してさらなる検討が実施される場合、再生可能エネルギーの応用は非常に不確実であるため、再生可能エネルギーの統合による影響の緩和は考慮に入れないことを勧告する。

また、高温 CSP システムの補助燃料の必須要件を把握するために、追加検討を行うことを推奨する。CAES システムで補助燃料を電力に変換する場合の実際の効率を検討することも有意義と思われる。

Contents of the Original Report

Executive summary	2
Introduction	3
Scope for CCS – Renewable integration opportunities	4
Concentrated solar as supplement to CCS power plant.....	5
General description.....	5
Advantages of utilising concentrated solar energy in conventional fossil fuel fired plants.	5
What streams are available for use of solar heating	6
Geographical considerations	8
Energy storage considerations	12
Energy transport considerations	13
Solar field layout considerations.	16
Heat losses from collection system	17
Choice of concentration factor and steam temperature	17
Effect on steam turbine performance and control.....	18
Multiple land use	25
Overall conclusions CSP as thermal energy supplement to CCS.....	25
Fossil fuels with CCS as support for Concentrated Solar Power plant	26
General description.....	26
Advantages of using fossil fuel with CCS to support CSP.....	26
Geographical considerations	26
Scale considerations	27
High temperature CSP technologies.....	27
Efficiency considerations	28
Matching considerations.....	29
Turn down considerations	30
Heat only provision using Hydrogen.....	30
Capacity of hydrogen generation and distribution system	31
Conclusions	31
Compressed air energy storage.....	31
General considerations	31
Solar heat for high temperature chemistry in support of CCS.....	32
Surplus wind power for pressure control of CO ₂ storage reservoirs.....	34
Solar energy for conditioning of CO ₂ prior to injection	34
REFERENCES	35