

京都大学	博士（工学）	氏名	MAO CHANRITHYROUTH
論文題目	Assessment of the Potential for Geological Storage of Carbon Dioxide in Cambodia (カンボジアにおける二酸化炭素地中貯留の可能性に対する評価)		

(論文内容の要旨)

本論文は発展途上国であるカンボジアにおいて、国内基幹産業から排出される二酸化炭素に対し、各排出源での年間排出量の推定を行い、さらカンボジア国内に存在する堆積盆地の地質学的な評価と分類を実施し、二酸化炭素の地下貯留に適する盆地を選び出した後、貯留可能な二酸化炭素の総量を評価した研究であり、全体で 8 章からなっている。

カンボジアはインドシナ半島に位置し、その国土には陸域と海域の両方が存在する。カンボジア国家石油省（CNPA : Cambodian National Petroleum Authority）は、カンボジア国内において、多数の二酸化炭素の排出源が存在すると述べている。また大規模排出源としては、陸上においては、石炭火力発電所を筆頭に、セメント工場、肥料工場などがある。さらに海洋に存在するガス田は二酸化炭素を含有しており、将来これらのガス田開発に伴う二酸化炭素の発生が予測されている。現在地球的規模で問題となっている気候変動は、大気中の二酸化炭素の増加と考えられ、その対応が検討されている。このためカンボジア政府は、大気中への二酸化炭素の排出量を削減しながら、同時に国民へのエネルギー供給を維持するための最善の解決策を見つける必要がある。二酸化炭素削減に向けた最初のステップは、堆積盆地に存在する孔隙が大きな地層での、貯留可能容量を特定することである。これには、地下の地質学的条件を理解し、地域の潜在的な貯留可能領域を予測することが重要である。このため、本研究では、カンボジア国家石油省（CNPA）の協力を得て取得したカンボジア国内の地質情報と、さらに公開されている各種利用可能なデータを参照し本研究を進めた。本研究は、地質学的情報を基盤として、カンボジア国内における二酸化炭素の地中貯留に関して評価した最初の研究である。

第 1 章は序論であり、研究テーマと研究目的に関して述べた後、この問題への解決のアプローチについて説明を行っている。またこの章では、カンボジアにおける二酸化炭素の貯留のための研究の流れとフレームワークの概要を説明した。

第 2 章では、二酸化炭素の地中貯留において、大規模二酸化炭素排出源になり得る化石燃料を利用した発電所、各種近代的な工業プラント、さらにガス田の位置などと、二酸化炭素の地中貯留場所との関連が重要になることを述べている。本研究の主要な課題は、二酸化炭素の貯留に適した堆積盆地を如何にして評価して、見つけ出すかの方法論を確立することである。

第 3 章ではこのため、カンボジア国内の地質学的情報を整理し、その概要を説明する。さらにカンボジアの地史をレビューした後、カンボジアにおける堆積盆地の発達史を詳細に述べ、7つの堆積盆が存在することを指摘し、各堆積盆の特徴を述べた。

第 4 章では、二酸化炭素の地中貯留を目的とした時に、各堆積盆地の適正評価の方法論のレビューを行った。さらに貯留量の推定方法の詳細に関して検討を加えた。

第 5 章では、カンボジア国内における二酸化炭素の大規模発生源を特定し、さらに 2008 年から 2024 年において予測される二酸化炭素の発生量の評価を実施した。その結果陸上の大規模発生源からは、年間約 5,000 万トンの二酸化炭素が発生することが明らかとなった。また海洋に存在するガス田においては将来ガス田開発が進めば、全部で約 820 億立方メートルの二酸化炭素が排出される可能性があることが明らかとなった。

第 6 章では、本研究で開発した発展途上国における二酸化炭素貯留に適した堆積盆地の評価規準について詳細に述べられている。発展途上国においては地下情報に関して十分な調査も少ないことから、これらの事情を考慮した各地質学的な項目に対する得点システムの構築が必要であり、事例を参考にしながら規準得点システムを提案した。

第 7 章では、本研究における中心主題であったカンボジア国内において排出される二酸化炭素に対して、どの堆積盆が最も貯留に適しているかの評価と、順序づけ、さらに、具体的にどの程度の量が貯留可能であるかに関して、各堆積盆が有する地質学的なパラメータを基に具体的な推定を行った。その結果カンボジアにおいては、クメール盆地、カンボンサン盆地、トンレサップ盆地が二酸化炭素貯留に適していることが明らかになった。さらに各盆地における貯留層と、貯留量の推定を行った。

第 8 章は、全体の結論であり、本論文に得られた成果に関して議論を行い要約している。本研究を実施した結果、カンボジアでは適切な二酸化炭素の貯留特性を有する堆積盆が 3 つ存在し、これらの堆積盆から 300km 以内の場所に存在する石炭発電所等の大規模排出源から排出される二酸化炭素に対しては、ほぼ全量が地中貯留可能となることが明らかとなった。また本研究で提案された手法が他の発展途上国に対して適用可能であると結論づけている。

氏名

MAO CHANRITHYROUGH

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、カンボジア国における二酸化炭素の排出源の特定と、それらからの排出量の算出、さらにこれらの二酸化炭素の地中貯留に関して検討し、評価したものである。得られた成果の概要は以下のとおりである。

1. カンボジア国内における二酸化炭素の排出源に対して、米国 DOE が提案している手法を適応し、1 年間に排出される二酸化炭素の量を評価推定した。その結果、①4カ所の石炭火力発電所においては年間 40M トン、②天然ガス火力発電所においては年間 1.9M トン、③石油火力発電所においては年間 2.9M トン、④セメント工場においては年間 1.8M トン、⑤肥料工場においては年間 0.85M トン、⑥石油精製所においては年間 1.1M トンの二酸化炭素が、カンボジア国内において空气中に放散されていることが分かった。
2. さらにカンボジアでは 2 つの未開発のガス田が海上に存在する事が知られている。このガス田には多くの二酸化炭素が含まれており、これらは、天然ガス生産時に大気中に放散される可能性がある。この放出量を見積もった結果、将来的に 82Gm³ の二酸化炭素が空气中に放散される可能性があることが分かった。
3. これら発生した二酸化炭素に対して、カンボジア国内にある 7 つの堆積盆地内に、二酸化炭素を地中貯留出来るかに関して検討を行った。具体的には、堆積盆地の特徴、貯留能力、実現可能性に基づいた選考及び格付けを行った。評価手法は既存の研究を参考とし、各検討項目に対してスコアを付け、さらに規格化を行うことで個々の堆積盆地の特徴を数値化し、比較、格付けを可能とした。その結果、カンボジア国内におけるもっとも二酸化炭素の貯留に適した堆積盆地は Khmer 堆積盆地であり、それに続いて、Kampong Saom 堆積盆地、Tonle Sap 堆積盆地が適していることが明らかになった。
4. 次に、格付けによって選ばれた 3 堆積盆地における、二酸化炭素の貯留量の定量的な評価を行った。貯留層準の貯留量評価には石油増進回収法によって得られた知見に基づいて算出された貯留能力因子が用いられ、カンボジア国内での有効な二酸化炭素貯留能力は、もっとも低い場合で 90Mt、最も高い場合で 45Gt と算出された。

以上、本論文では、地球温暖化ガスと考えられている二酸化炭素に対して、カンボジア国内での排出量、さらに地中への貯留可能量を評価検討した。本論文で検討された結果、カンボジア国内で排出される二酸化炭素の全量に対して、地中貯留が十分実現可能であることが示された。今後地球温暖化の問題が益々顕在化していく状況を考えれば、本研究成果は、カンボジア国における将来の政策決定において、大変重要な寄与をする言える。以上のように本研究は、今後国際的な関心と規制が強まると想像される二酸化炭素の地下貯留技術に対して大きく貢献することが期待され、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 26 年 8 月 19 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第 14 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。