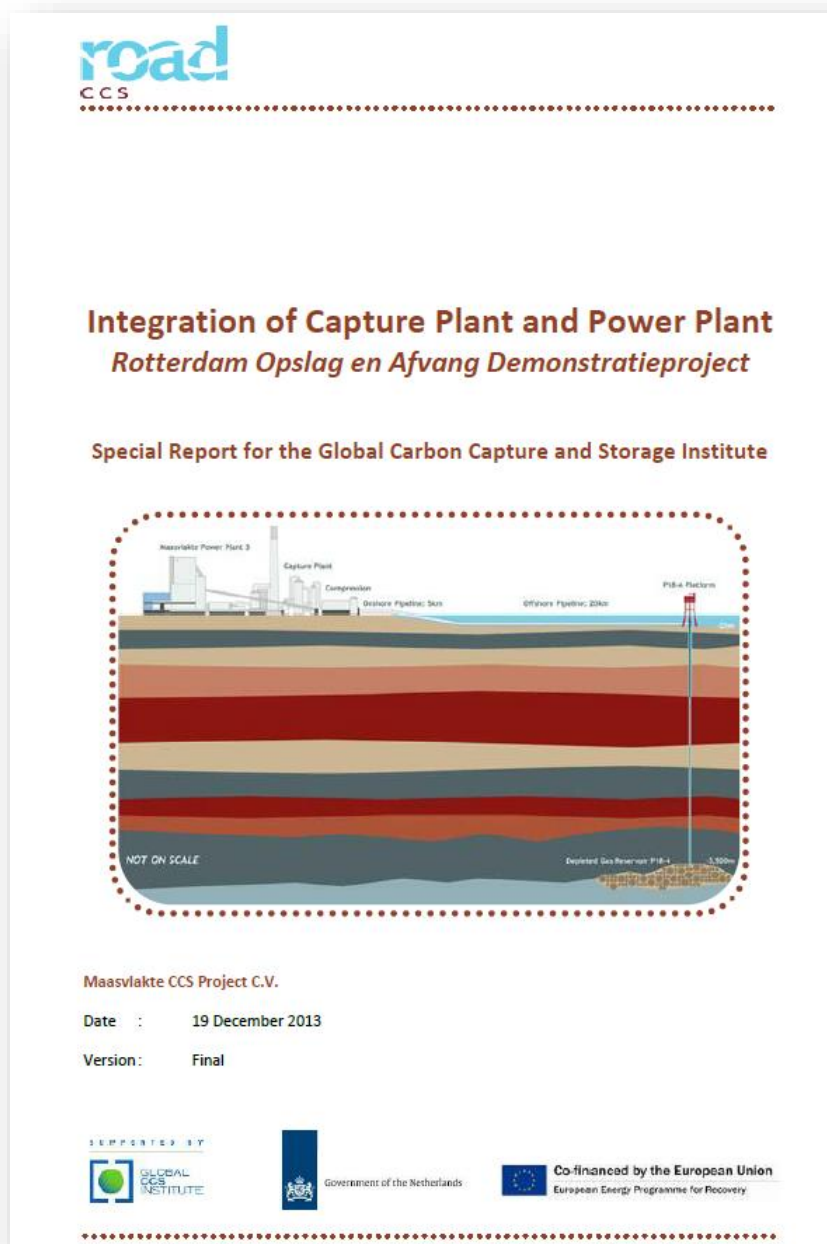


CO₂ 回収プラントの 火力発電プラントへの統合

ROAD CCS Project



本レポートは日本メンバーの便宜のため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。

マネジメントによる紹介とサマリー

本報告書では、既設の1070 MWのMaasvlakte石炭火力発電所の3号機(MPP3)と、新設が提案されている250 MW相当のRotterdam Opslag en Afvang Demonstratieproject CO₂回収プラントとの統合プロジェクト(ROAD)について述べる。CO₂回収技術については、CCSのコスト削減を目的として、これまでも多数の研究や報告書で取り上げられている。しかしながら、大規模な発電所との統合もCO₂回収貯留チェーンの効率および運用性に重大な影響があり、また、それ自体で相当額のプロジェクトコストが生じる。

他の発電所関連の大規模燃焼後回収プロジェクトに関する公表情報には、それらのプロジェクトが直面した課題の範囲、見込まれる解決策の範囲が示されている。これまでに実施された各プロジェクトは、いくつかの側面から見てそれぞれが固有のものといえる。以下にその例を示す。

- E.ONが発表したKingsnorthのFEED(基本設計)では、新設の発電所が検討されており、回収プラントに最も効率良く蒸気を供給するために、発電所の蒸気タービン/給水加熱器システムの改修を想定した。電気システムも完全に統合され、回収プラントの圧縮機で使用する電力も発電所の変圧器から供給するとしていた。
- Scottish PowerのLongannetのFEEDでは、古い方の既設ユニットへのレトロフィットを検討した。このユニットでは、既存の蒸気システムへの大幅な変更は実現困難だと考えられた。新設のガス燃焼コージェネレーションシステム(CHP)ユニットが蒸気と電力の両方を新設の回収プラントに供給すると想定した。
- この種のプロジェクトとしては唯一建設中である Sask Power の Boundary Dam プロジェクトにおいては、大がかりなユニット改修の一部として、新設の回収ユニットに蒸気の供給を行うために既設の蒸気システムの改修が行われた。これを機に、1回のレトロフィットで脱硫とCO₂回収が統合された。

本特別報告書は、ROADがグローバルCCSインスティテュートのために作成したものであり、ROADが発電所への統合をどのように達成するかについて述べている。上記のプロジェクトと同様、ROADには独自の特色もある。ROADは、最新の高効率ユニット(CO₂回収無しの場合に低位発熱量基準の効率は46%以上)へのレトロフィットである。この回収プラントは、ユニットからの排ガスの4分の1弱の分岐流を取り込む。従ってホストユニットに及ぼす影響は上記の他の例よりもかなり小さい。これは蒸気と冷却水インターフェースの点で特に重要である。

本書では、まず各インターフェースを順に説明する。主要な設計の選択肢を説明し、採用した

ソリューションの詳細についても詳しく説明する。ソリューションのなかには、非常に革新的なものもあれば、従来のなものもある。そのなかでも最も重要なものは以下の通りである。

- MPP3では湿式スタック(煙突)を採用しているため、排ガス脱硫 (FGD) 後のガスガスヒーターが存在しない。これは、FGDとスタックの最上部の間どの位置においても排ガス分岐流を取り出せることを意味する。ROADでは、スタック内で排ガスを取り出し、戻す方式を選択した。これにより、新しい接続部の重量をスタックからつり下げて支えることが可能となる。そのため、土木工事コストが削減され、サイトのレイアウトをコンパクトにできる。
- 中圧 (MP) / 低圧 (LP) クロスオーバー (蒸気が低圧タービンに入る直前) からの蒸気の供給は従来通りである。ただし、MPP3が部分負荷状態で、ROADが回収プラントを全負荷状態で維持しようとする場合、この圧力では回収プラントに不十分である。ROADは、MP蒸気を動力源とし蒸気供給を本来の全負荷圧力にまで増幅する蒸気ジェットブースター (スチームイジェクターとも呼ばれる) を提案している。ROADは、この構成がCO₂回収の適用において非常に革新的であると考えている。これにより、MPP3の40%までの負荷に対して蒸気圧力を正確に制御できるようになる。
- ROADはレトロフィットではあるものの、さらなる熱統合を目指している。再生塔排気口におけるCO₂の熱はMPP3のボイラーへの給水加熱に使用され、サイクル効率の向上と回収プラントの冷却負荷の軽減の両方を行うことになる。冷却水 (ロッテルダム港からの海水) はMPP3本体への冷却水からの分岐流であり、使用可能量が限られているため、冷却負荷を軽減することはROADにとって特に有益である。ROADが冷却水を使用すれば、MPP3への供給を減らすことになり、従ってMPP3の効率にも悪影響を与える。
- 回収プラントからの廃水の最大の発生源は直接接触冷却器であり、この廃水はMPP3の排ガスから単純に凝縮された水である。これ自体、MPP3 FGDユニットでの再使用に適した品質である。つまりCO₂回収を追加することにより、MPP3の淡水の消費が大幅に削減されることを意味している。

将来のCO₂回収貯留プロジェクトにはそのプロジェクト固有の課題があるであろう。そのため、ROADからの教訓をすべて適用できるわけではないが、本特別報告書に示すアイデアと経験により、次世代プロジェクトにおいてプロジェクトエンジニアが回収ユニットと発電所をより適切に統合し、最適化できるようになれば幸いである。

5. 将来のCO₂回収貯留プロジェクトに役立つ教訓

ROADプロジェクトの資金調達では、資本費への補助は相当額に上ったものの、操業に対する助成額は低く、資本費を最小化するという強力なインセンティブを生み出したものの、信頼性にはあまり重点が置かれなかった。統計的なコンポーネント信頼性データに基づけば、回収プラントの稼働率は95%となるはずである(定期メンテナンスを除く)。信頼性が低いため、資金調達要件を満たす量のCO₂を回収するには、操業期間を延長するしかない。ただし、発電所はCO₂回収貯留プラントとは別に操業できるので、ROADに信頼性が低くても、発電所の発電量の損失による商業的影響は完全に回避される。

これは、いくつかの主要な設計上の選択肢に大きな影響を及ぼした。回収プラントは1系統である(シングル圧縮機を含む)。MPP3とのインターフェースについていえば、MPP3のほとんど運転条件で設計マージンを回収プラントで使用できる。例えば、水冷却システムのスペアポンプと流量のマージンは、回収プラントの冷却水供給に使用される。従って、例えば、MPP3の冷却水ポンプのいずれか1つが使用できない場合でも、MPP3の負荷を下げるか、回収プラントの負荷を下げるかのいずれかを選択できる。また、発電所の設計外の操業をカバーするためのマージンは一切含まれていない。回収プラントは、単純に250 MW相当の排ガス(MPP3設計条件での)を取り扱うために設計されている。例えば、発電所が何らかの理由でより低い熱効率で操業している場合、250 MWを発電する際に生成される排ガスの量は増加する。回収プラントは、この流量増加に対応するには設計されておらず、ROADの技術実証目標を達成する必要はなくなる。同様に、夏季で冷却水の温度が高い場合は、CO₂回収能力が制約されるだろう。

肯定的な見方をすると、回収プラントではMPP3の排ガスの23%だけを処理するため、高い処理率の場合には存在しなかった独自の機会が生まれた。回収プラントが比較的小規模であることから、この回収プラントは、MPP3の電気補助システム、MPP3の水冷システム、およびMPP3の既存の蒸気サイクルからの蒸気を利用できた。MPP3で採用された蒸気抽出ソリューションはかなり特異であり、本来地域暖房のために設計されたが今のところその目的では使用されていない予備蒸気抽出口を使用している。これにより、通常は既設の石炭火力発電所での追加の蒸気抽出のために必要となるクロスオーバー改修が不要になった。効率の最適化(すなわち冷却装置の一部としてMPP3の復水を使用することによる熱の統合)が考慮、適用され、操業コストに好影響を示す技術的解決法となった。

楽観的なインターフェース設計のアプローチにより、ROADプロジェクトのユーティリティーインターフェースへの投資は比較的抑えられた(3000~3500万ユーロ)。排ガスをすべて同じ回収率で処理する必要があるれば、これは達成できなかっただろう。

インターフェースの設計におけるもう1つの検討事項は、回収プラントとそのインターフェースの設計時点で、MPP3発電所がすでに建設中であったという事実である。発電所と同時に回収プラントを設計すれば、例えば、より最適なレイアウトとユーティリティシステムの組み合わせなど、資本費がより低い他のソリューションにつながったであろう。さらに、回収プラントの最終投資決定(FID)がまだなされていない時点でインターフェースの設計に関して合意に達する必要があった。しかしこれはまた、元のMPP3の設計への変更を最小限にするソリューションにおいて有利となった。後に操業停止(従って操業停止コスト)の痛手を負うことになる唯一の適応作業は、FIDの前に成された。これは蒸気と排ガスのインターフェースの建設にのみ当てはまった。このインターフェースの建設にはMPP3の商業運転開始日以後8週間以上が必要で、かなりの操業停止コストがかかった。現在、すべてのインターフェースの最終接続のために2~3週間のMPP3の操業停止が見込まれており、定期メンテナンス操業停止の間に実行可能性である。

MPP3の排ガスの高度な処理(40~100%)は、現在のインターフェースソリューションでは不可能であった。回収プラント用の蒸気、冷却水、電力の供給には、結果的にかなり高額な投資となる別個の供給源またはMPP3への大幅な改修が必要となるであろう。新設の発電所については、ROADプロジェクトの設計の経験から、以下のようにより高度に統合された回収プラントを推奨する。

1. 電力供給については、発電所の補助電力システムを拡大し、回収装置および圧縮機の高電力需要に対して供給する必要がある。補助電力システムの大型化を回避するには、蒸気駆動圧縮機で送ることが検討できる。
2. 海水冷却システムは、(同じサイズのボイラーが使用される場合)回収プラントから生じる非常に大きな冷却ニーズに対応するために拡大しなければならない(+20%)。
3. 蒸気の供給については、いくつかの選択肢が存在し、設計の開始時点で無駄がないように経済的に評価しなければならない。発電ブロックの蒸気サイクルと全統合すると、例えば、発電所の部分的負荷でのCO₂回収プラントへの抽出のための十分な圧力を確保するために、より小型のLP蒸気タービンと、おそらくMPとLPの間にスロットルバルブを具備するなど、現在のMPP3の設計と比較して蒸気サイクルを大きく変更することになる可能性が最も高い。このケースでも、蒸気ジェットブースターの利用、および/またはMPタービンの抽出ポイントを増やすことが考えられる。
4. 回収プラントで低グレードの廃水が増えることや、予熱システムで利用可能な復水の量が限定されていることにより、さらなる熱統合には限界がある。しかし、原理的には、この増加分は地域暖房グリッドへの供給に使用可能である。特に、70°C未満の供給温度と30°C未満の戻り温度を使用するいわゆる第四世代の地域暖房グリッドは、CO₂回収プラント

の冷却に使用可能であり、CO₂の排出をさらに削減する。

5. 直接接触冷却器(DCC)から出るほぼ純水に近い復水は、発電ユニットで処理水として使用でき、外部からの淡水供給の必要がほとんどなくなる。

Contents of the Original Document

Management Introduction and Summary	1
1. Introduction	3
2. Project Factsheet	4
2.1 Project overview	4
2.2 Facts & figures	4
2.3 Planning	6
3. Integrated CCS Chain of ROAD	7
3.1 Selection of post combustion capture technology	7
3.2 CCS development phases	8
3.3 Integrated CCS chain of ROAD	9
3.3.1 Capture	10
3.3.2 CO ₂ Compression	11
3.3.3 Transport	11
3.3.4 Storage	11
3.3.5 Integration of capture plant and power plant	12
4. ROAD Integration of Capture Plant and Power Plant	15
4.1 Introduction	15
4.2 Specific considerations to being 'capture ready'	15
4.3 Utility requirements of capture plant and impact on power plant	15
4.4 Site lay-out	16
4.5 Flue gas	16
4.5.1 Flue gas tie-ins	18
4.6 Steam and condensate	22
4.6.1 Low pressure steam	22
4.6.2 Intermediate steam for reclaimer of capture plant	27
4.6.3 Condensate for cooling	27
4.6.4 Power loss MPP3	29
4.7 Electrical power	29
4.8 Cooling water	31
4.9 Demineralised water	36
4.10 Waste water	37
4.10.1 DCC condensate	37
4.10.2 Blow down from the deep FGD	37
4.10.3 Other waste water streams	37
4.10.4 Condensate from stack MPP3	38
4.11 Controls hardware	38
4.12 Other utilities	38
4.13 Flexibility of capture plant	39
4.14 Control philosophy	40
4.14.1 Control room and control hardware	40
4.14.2 Start-up/shutdown procedures interfaces	41
4.14.3 Operating windows	42
4.15 Specific emission levels	42
4.16 Pollution control systems	43
5. Lessons Learned for Future CCS Projects	45



GLOBAL
CCS
INSTITUTE

GLOBALCCSINSTITUTE.COM

The Global CCS Institute has tried to make information in this product as accurate as possible. However, it does not guarantee that the information is totally accurate or complete. Therefore, the information in this product should not be relied upon solely when making commercial decisions. The Global CCS Institute has no responsibility for the persistence or accuracy of URLs for external or third-party internet websites referred to in this publication and does not guarantee that any content on such websites is, or will remain, accurate or appropriate.