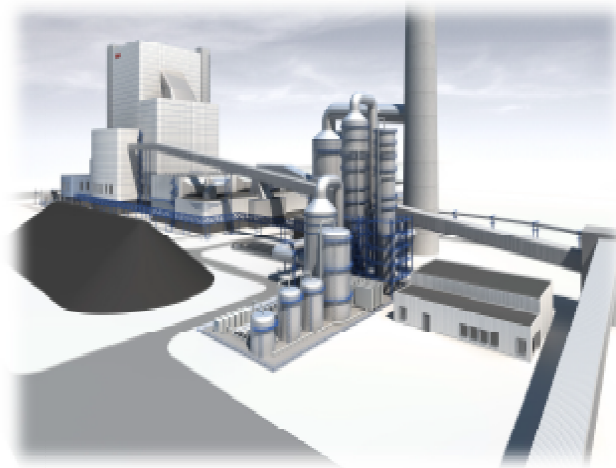


CO₂ 포집 기술 선정 방법론

CO₂ capture technology selection methodology

Special report for the Global Carbon Capture and Storage Institute



ROAD | Maasvlakte CCS Project C.V.

September 2011

SUPPORTED BY



Government of the Netherlands



Co-financed by the European Union
European Energy Programme for Recovery



본 보고서는 편의를 위해 영어에서 한국어로 번역되었습니다.

글로벌 CCS 연구소는 한국어로 번역된 보고서의 정확도, 진위성, 완성도를 보장하지 않습니다.



면책 조항

게르베어트 판 데어 바이데 (Gerbert van der Weijde)

발행일

2011년 11월 29일 (개정판)

ROAD 프로젝트 | 마스플라크터 CCS 프로젝트 C.V.

Parallelweg 1 P.O. Box 133
3112 NA Schiedam 3100 AC Schiedam
The Netherlands The Netherlands

전화: +31 10 75 34 000

팩스: +31 10 75 34 040

이메일: info@road2020.nl

웹사이트: www.road2020.nl

면책 조항

ROAD 프로젝트는 네덜란드 정부, 호주 이산화탄소포집및저장연구소(Global Carbon Capture and Storage Institute, GCCSI), 유럽경제회복에너지프로그램(EEPR) 산하의 유럽위원회가 공동으로 자금을 지원합니다. 보고서 내용과 관련된 모든 책임은 '마스플라크터 CCS 프로젝트'에 있습니다.

ROAD 프로젝트에 관한 본 보고서는 GCCSI와 마스플라크터 CCS 프로젝트가 체결한 재정 지원 협약에 따라 제작되었습니다. 양자의 상호 동의 하에 협약을 수정하지 않는 한 양자의 법률적 보호와 이익은 협약 내 조항들에 의거하여 보장됩니다. 기타 개인이나 단체는 발행, 누설, 배포와 같이 협약 당사자들에 반하는 모든 직접적 행위나 주장을 할 수 없습니다.

본 문서는 정보 교류를 목적으로 GCCSI의 웹사이트에 게재됩니다. GCCSI는 보고서에 포함된 정보를 대표하거나 신뢰성, 정확성, 완성도를 보증하지 않으며, 부주의로 인한 실수를 포함하여 오류나 생략된 정보로 인해 발생할 수 있는 모든 문제에 대해 책임지지 않습니다.

©Global Carbon Capture and Storage Institute Limited 2011 Canberra 본 보고서의 사용은 호주 크리에이티브 커먼스(Creative Commons Attributions 3.0)을 따릅니다.



1. 보고서 요약

ROAD 프로젝트(Rotterdam Opslag en Afvang Demonstratieproject, 로테르담 저장 및 실증 프로젝트)는 2009년 7월 마스플라크터 CCS 프로젝트 (MCP)의 제안서가 유럽위원회에 제출되면서부터 시작되었다. ROAD는 유럽에 재정 지원을 신청하면서 제출 일정에 맞추어 자금 조달 프로그램 지원 요건을 마련하였다. 프로젝트 팀은 특히, 제한된 시간 동안 연소 후 포집 방식 플랜트 공급자를 선정하는 등 여러 한계를 극복해야 했다. 이러한 과정을 통해 맞춤형 선정 방법론이 개발될 수 있었다.

다음의 영역들에서 선정 방법론 설계의 한계점이 나타난다.

- 일정 (자금 조달 관련, (예) 이행 시기 및 운영일 준수)
- 비용 (자금 조달을 위해서는 비용 증빙 필요. 사업 사례 제시 가능)
- 보건·안전·환경 (배출량, 허가 과정)
- 기술 (성능, 개발 가능성, 수행 능력)

한계점을 수용하여 선정 방법론을 설계할 때, 다음 사항에 대한 고려가 이루어졌다.

- 공급자 간 경쟁은 최대한 오래 유지되어야 한다. (상업적 이유: 공급자가 남지 않을 경우를 방지하고 가장 합리적인 가격을 증명하기 위해)
- 입증된 기록을 바탕으로 기술을 적용함으로써 플랜트 예상 성능을 최대화한다.(파일럿 규모 및 기타 규모)
- ROAD 프로젝트의 리스크를 완화하고 조직화 능력을 확보하기 위해 기술과 엔지니어링, 건설 능력을 모두 갖춘 공급자를 선정해야 한다.
- 기술적·상업적 리스크에 대한 평가는 가장 적합한 위치에 있는 공급자 측이 맡아야 한다.

한계점과 고려 사항을 적용한 선정 과정은 세 단계로 나뉘어 설계되었다. 각 단계 중 기술 설계 부분과 거래 조건 부분은 보다 상세하고 구체적으로 마련되었다. 세 단계의 선정 과정을 거쳐 9 개의 공급자 후보를 하나로 추릴 수 있었다.

단계별 선정은 다양한 분야의 전문가들이 참여한 워크숍을 통해 이루어졌다. 주요 선정 기준은 다음과 같다.

- 기술 신뢰성
- 허가 가능성
- 프로젝트 수행 능력
- 상업적 조건
- 경제성
- 기술 실증 효과

1 단계와 2 단계에서는 기술 신뢰성 (주로 공급자 경험)이 가장 중요한 기준이었다. 마지막 3 단계에서 기술 신뢰성은 변별력이 없었고 경제성과 잠재적 허가 문제에 대한 평가가 결정적이었다.

습득된 교훈에 관해 다룬 워크숍에서 선정 방법론이 논의된 바 있다. 프로젝트 팀은 선정 과정과 그 결과에 대해 만족감을 표했다. 선정 과정에서 습득된 많은 교훈들은 다음의 내용과 관련이 있었다.

- 공동 투자의 이점과 문제점
- 일반적인 선정 전략
- 의사 결정 및 시기 조절

- 선정 기준
- 공급자와의 관계 관리가 지니는 중요성

1.1 도입

2009년 7월 마스플라크터 CCS 프로젝트 C.V. ('MCP')는 유럽경제회복에너지프로그램(EEPR, European Energy Program for Recovery) 자금을 신청하기 위한 제안서를 제출하였다. 이것이 바로 'ROAD 프로젝트('Rotterdam Opslag en Afvang Demonstratieproject', 로테르담 포집 및 저장 실증 프로젝트)'의 시작이다.

ROAD는 EEPR 자금 신청을 위해 필요한 세부적인 조건들을 갖추어 나갔다. 포집 공급자 선정에 관하여 해당 자금에서 명시하고 있는 가장 중요한 요건은 프로젝트 일정의 준수였다. 포집 플랜트의 개발과 건설은 프로젝트 일정에서 가장 중요한 부분을 차지하고 있기에 프로젝트 팀은 제한된 시간 내에 포집 플랜트 공급자를 선정할 수 있는 방법을 찾아야만 했다. 이와 동시에 비용, 기술·성능, 건강·안전·환경('HSE')과 같은 다른 문제점들도 해결해야 했기 때문에 자체적으로 이산화탄소 포집 기술 선정 방법론을 개발하는 수밖에 없었다.

이 보고서는 ROAD 프로젝트 팀이 개발한 선정 방법론에 대해 설명 및 평가하고 있다. 예비 연구 단계에서 필요한 제안서 요건('RFP')부터 포집 플랜트 공급자의 최종 선정까지를 다룬다. 보고서의 목적은 기타 유사 프로젝트(연소 후 기술을 활용하려는 CCS 프로젝트)에서 각 포집 플랜트 공급자 선정 방법론을 설계하는 과정에 도움을 주는 것이다. 넓은 의미에서는 보고서에 포함된 분석이 다른 종류의 CCS 프로젝트 및 기타 신기술을 적용하는 프로젝트에도 활용될 수 있을 것이다.

1.2 전체 보고서 개요

이 보고서의 구성은 다음과 같다.

- ROAD 프로젝트에 대한 고수준의 개관을 보여주는 자료표는 **제 2 장**에 있다.
- **제 3 장**에서는 선정 방법론 개발에 앞서 점검해야 했던 고려 사항과 한계점을 세부적으로 다루고, 개발된 선정 방법론에 대해 설명한다.
- **제 4 장**은 공급자 후보를 가려내는 과정에 있어서 선정 기준이 단계별로 어떻게 적용되었는지를 설명하는 장이다. 4 장의 결론 부분에서는 포집 플랜트의 기초 설계 연구(FEED)를 수행한 두 유력 후보 중 하나를 선정하는 최종 결정에 앞서 고려하였던 주요 사항에 대해 다루었다.
- 프로젝트 팀 안팎 전문가들이 함께한 워크숍에서의 개발 및 습득된 교훈에 관한 논의는 **5 장**에 기술되어 있다.

이 보고서는 GCCSI와 '마스플라크터 CCS 프로젝트' 간에 맺어진 재정 지원 협약 하에서 공유되는 지식의 일부이다.

2. 결론 및 교훈

제 3 장과 4 장은 포집 기술 설계 선정 방법과 적용된 선정 기준에 대해 다루며, 선정 과정에서 습득된 교훈을 공유한다. 습득된 교훈과 관련해서는 선정 과정의 질적 수준이 설계 방법이나 적용 기준만으로 완성되는 것이 아니기 때문에 이전 장에서 다루어진 일부 내용을 제외하였다.

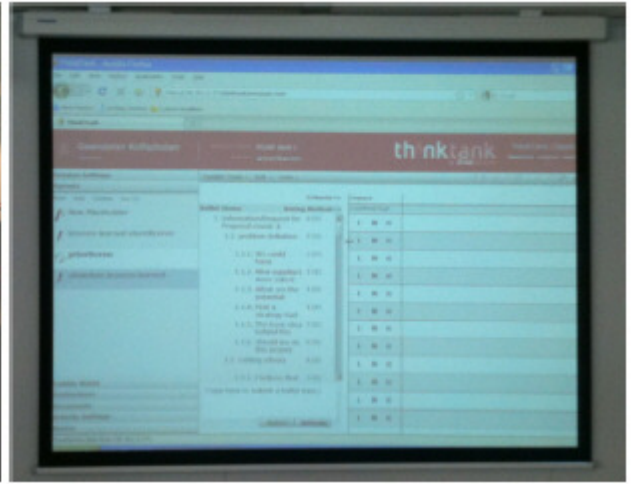
습득된 교훈들은 포집 기술 선정 과정 관계자들이 참여한 워크숍에서 발표되었다. 프로젝트 팀 멤버들과 마스플라크터 CCS 프로젝트의 모회사 두 곳 소속 직원들이 함께한 자리였다. 참석 인원에는 신입사원부터 임원까지가 두루 포함되었다. 선정 과정이 주로 기술적, 상업적인 부분에 중점을 두었으므로 그에 대한 방침이 제시되었다. 델프트기술대학교(Delft University of Technology)에서 개발한 ‘그룹 디시전 룸(group decision room, “GDR”)’ 프로그램을 활용하여 진행된 워크숍에는 총 10 명의 인원이 참석하였다. GDR 은 소프트웨어와 촉진 기술을 결합한 것으로서, 새로운 아이디어의 생산(브레인스토밍) 및 각기 다른 아이디어들에 대한 카테고리화, 평가와 같은 협력 과정을 지원하는 프로그램이다.

워크숍이 진행되는 동안 모든 참여자는 개인 노트북으로 GDR 시스템에 접속했다. 이처럼 참여자들은 수평적으로 작업하고 익명의 기여를 할 수 있었다. 이는 워크숍 진행의 속도를 높였을 뿐만 아니라, 내용과 창의성 또한 풍부하게 하였다. 워크숍은 다음의 네 가지 주요 단계로 이루어졌다.

1. 습득된 교훈의 식별을 위한 브레인스토밍 및 그에 대한 의견 및 설명
- 2 ‘습득된 교훈’에 노트북으로 접속하여 교훈, 주제, 의견, 질문 등을 다른 참가자들과 공유 (노트북을 통한 참여로 워크숍 리더 및 기타 참가자들 간 즉각적인 소통이 이루어지므로 다양하고 수평적인 논의가 가능)
3. 가장 큰 영향을 끼친 교훈을 선정하기 위한 클러스터링 및 전자 투표
4. 가장 중요한 교훈에 대해 검토

워크숍은 각 참여자가 워크숍 시간을 통해 배운 점에 대해 논의하는 시간으로 마무리되었다. 워크숍에서 명백하게 논의된 것은 아니나, 모든 참여자가 선정 과정에 대해 성공적이라는 평가를 내린 것은 분명했다. 참여자 전원이 정해진 시간이 촉박하다는 것을 알고 있었음에도 불구하고, 프로젝트 팀과 공급자 측 모두 열심히 노력한 결과 문제없이 끝날 수 있었다. 최종 기술 연구는 기대했던 수준에 부응하였다. 폭넓은 결론을 내림으로써 선정 공급자에 대해 선택의 여지를 남겨 둔 것이다. 모든 참여자들은 선정된 EPC 공급자를 위해 마련된 선택지에 만족하였다. 과정에 참여한 사람들은 결과에 자부심을 가졌다. 요컨대, 포집 기술 선정 과정은 향후 추가적인 프로젝트 개발을 위해 훌륭한 기반이 되었다고 할 수 있다.

습득된 교훈 중 일부가 워크숍에서 규명되어 공감을 이끌어냈다. 또한 이번 워크숍은 프로젝트 팀과 관련 기업 간 지식 공유에 기여했다.



워크숍 모습

2.1 공동 작업

공동 작업 방식으로 프로젝트가 진행된다는 것은 선정 과정에 있어서 좋은 의미를 갖는다. 우선 두 회사의 지식과 방법론이 결합되면 가설들을 논의하는 과정이 더욱 정밀해지므로 보다 객관적인 결정을 내릴 수 있다. 각 회사가 보유하고 있는 지식이 공급자 제안서와 연구의 기술적·상업적 측면을 효과적·효율적으로 평가하는데 있어서 중요한 역할을 한다. 따라서 프로젝트 팀과 모회사들 간의 지식 공유는 프로젝트 전 과정에 걸쳐 매우 중요하다.

한편, 공동 프로젝트에는 문제점 또한 따른다. 첫째로, 두 번의 검토 과정을 거친다는 점이 비효율적일 수 있다. 신뢰야말로 이를 방지하기 위한 핵심 요소이다. 개발 단계에 있는 프로젝트 조직 내에서도 헌신적인 팀워크와 직접 대면을 통한 소통으로 신뢰를 쌓을 수 있다. 두 번째로는 신기술을 실증하는 프로젝트의 경우 불확실한 상황에서 전 인원이 풀타임으로 프로젝트에 기여하기란 어렵다. 이러한 문제는 신기술 실증 프로젝트 개발에 구체적 재정 지원을 확보함으로써 해결할 수 있다.

2.2 공급자 선정 전략

ROAD 프로젝트에서의 공급자 선정 전략은 두 건의 기초 설계 연구(FEED 연구) 경쟁을 유도하여 선정된 업체에 EPC 계약을 주는 것이었다. 경쟁 과정이라는 점에서 단기간 내 많은 노력과 투자가 요구되었으나 그 덕분에 촉박한 일정에 맞출 수 있었고, 결과적으로는 보다 우수한 설계를 채택하기 위한 효과적인 공급자 벤치마킹이 가능했다. ROAD 프로젝트와 같이 기존에 시도된 바 없는 형식의 경우, 설계 원안이 비효율적이거나 요구 조건이 지나치게 많을 수 있기 때문에 선정 과정 내내 공급자와 바이어가 서로 분발하며 보완해 나가는 방식으로 진행되어야 했다.

2.3 의사 결정 및 시기 선정

선정 과정에는 제한된 시간 내에 각 단계별로 진행해야 하는 결정 과정이 포함된다. 이 과정에서 프로젝트 팀은 공급자들이 수시로 요구하는 정보와 필요한 결정을 위해 모회사들의 고위 경영진이 내리려는 결정 간 균형을 유지해야 했다. 뿐만 아니라 여러 이해 관계자들의 유동적인 이해 관계, 목표 및 고려 사항을 해결해야 했다.

이를 달성하기 위해서는 효과적인 결정·실행 계획과 분명하고 명확한 공급자 선정 전략이 필요했다. 이를 통해 공급자들을 이끌고, 내부 과정을 거쳐 유연하고 헌신적인 프로젝트 팀을 구성할 수 있었다. 프로젝트 팀은 다른 이해 관계자들의 전략적 관심을 미리 인지한다. 중요한 것은 처음 시도되는 이러한 프로젝트의 경우, 파트너들 간과 진행 과정에서 모두 유연성이 필요하다는 점을 명심해야 한다는 것이다.

2.4 선정 기준

선정 과정에서는 선정 기준에 초점이 맞춰졌다. 공급자 측 제공 정보에 의한 영향을 받기에 앞서 단계 별로 산정될 점수 체계를 확정하는 것은 주요 기준을 공정하게 결정하기 위해 바람직한 방법이 될 것이 명백하다. 이는 이용 가능 정보의 제한과 선정 기준 변경으로 인해 제안에 대한 실제 평가가 모호한 것으로 나타나더라도 분명하다. 자격 충족(부족) 기준 도입의 효과에 관해서는 논란의 여지가 있다. 충족 기준은 제외와 선정을 통해 진행을 가속화하는 반면, 모든 수행, 예상 부분에 대한 기준이 되지 못하므로 기대와 달리 기준으로서의 역할을 수행하지 못할 수 있다.

2.5 공급자와의 관계 운영

ROAD 프로젝트가 유망하고 혁신적인 프로젝트이기에 입찰에 참여한 모든 업체들이 공급자로 선정되기 위한 전략적 가치를 지니고 있어야 함을 인지했다. 이러한 이유로, 공급자들은 촉박한 일정을 준수하며 기꺼이 무상으로 예비 연구를 수행했던 것이다.

특히, 선정 후보로 지원한 공급자들이 광범위한 노력을 기울였으므로, 미래의 다른 프로젝트들을 고려하여(이러한 이유에서만은 아니지만) 비선정 공급자들과의 관계를 관리하는 것이 중요하다. 프로젝트 진행에 있어서 시간과 자원의 부족으로 선정된 후보에만 관심을 기울이는 경우가 많은데, 이는 우려되는 부분이다. 이러한 상황을 방지하기 위해 우리 프로젝트 팀은 예비 연구 선정 단계가 완료된 후 비선정 공급자들을 대상으로 피드백 회의를 개최하였다. 첫번째 단계에서 탈락한 공급자들이 피드백 회의의 초청 대상이었다. 그러나 잘못된 기대 심리를 조성하지 않기 위해 우리의 결정이 바뀌지 않을 것이라는 점을 명확히 했다. 피드백 회의는 탈락한 공급자들과의 질의응답 시간을 마련함으로써 다음 기회를 준비하는 시간이 되었다.