

SAUDI ARAMCO

- CO₂ Capture & Injection Project 소개 -

양기환 삼성엔지니어링(주) 수석엔지니어

기후변화 완화를 위한 온실가스 감축 수단으로서 CO₂를 포집하여 저장하는 이산화탄소 포집 및 저장(CCS) 기술의 중요성이 날로 부각되고 있다. CCS 기술은 Gas Plant 및 발전소 등 대규모 배출원에서 배출되는 대량의 이산화탄소를 바로 감축 가능케 할뿐 아니라 경제 성장을 위한 탄소 에너지 산업 구조를 지속 가능하게 한다.

1992년 UNFCCC(기후변화에 관한 국제연합 기본협약) 채택을 시작으로 이산화탄소 배출을 제한하고자 하는 국제적인 움직임이 시작됐다. 이러한 온실 가스 배출량을 감축하기 위하여 첫 번째 이산화탄소 Injection & Storage 프로젝트가 북해에서 1996년 8월에 운영을 시작되었고, 2012년까지 이 곳에 이산화탄소의 1,600만 톤 이상이 (1년에 이산화탄소의 대략 1 백만톤) 저장되었다.

이후 1997년 교토의정서와 2009년 코펜하겐 합의문, 2010년 칸쿤 합의, 2011년 더반 총회 등 지속적인 논의를 통해 전 세계적으로 온실가스 배출량을 제한하고자하는 논의가 계속 진행되고 있다. IEA(국제에너지기구)는 2050년까지 세계 온실가스 저감량의 19%를 CCS기술이 담당할 것으로 예상하고 있다.(Carbon Capture Journal; 2012.4)

또한, GCCSI(Global carbon capture and storage institute)보고서(2009.11)에 따르면 전 세계적으로 총275개의 CCS(프로젝트가 추진되었거나 추진되고 있고, 213개의 CCS가 계획되어 있다. 보고서에 따르면 213개 프로젝트 중 101개가 상업적 규모로 진행되고 있고, 그중 62개 프로젝트가 포집, 운송, 저장 등의 CCS전 프로세스를 통합하는 프로젝트로 평가되었다. 62개 프로젝트중 55개 프로젝트는 2009년에서 2020년 사이에 추진될 예정이고, 7개 프로젝

트는 이미 추진 중이다. CCS의 전 프로세스를 통합하고 상업적 규모로 추진하는 프로젝트들을 추진하는 주요 국가들은 유럽(37%), 미국(24%), 호주(11%), 캐나다(10%) 순이었으며, 아시아, 남미, 아프리카가 각각 낮은 비율로 추진하고 있다.

구체적으로 살펴보면, 미국은 2020년까지 2005년 대비 온실가스 17% 감축, 2017년 CCS기술 상용화를 목표로 에너지부(DOE) 산하에 국립탄소포집센터를 설립하고 9개 기관이 합동TF를 구성해 실증사업을 추진하고 있다. 일본은 2015년 상용화를 목표로 29개사가 공동 출자한 일본 CCS 주식회사를 설립, 실증에 주력하고 있다.

GCCSI(세계 이산화탄소 포집 및 저장연구소, 호주 소재)의 2011년 CCS 세계 현황보고서에 따르면 포집에서 저장까지 모두 계획된 대규모 통합실증 프로젝트는 모두 74개다. 이 가운데 노르웨이의 슬라이프너, 스노빗, 알제리의 인살라 등 8개 프로젝트는 이미 포집부터 저장까지 전공정을 시행하고 있으며 2015년부터 운영예정인 프로젝트는 6개에 달한다. (이투뉴스; 2012.4)

우리나라는 2020년까지 BAU대비 이산화탄소 배출량의 30%를 감축키로 하고 지난 2010년 ‘국가 CCS 종합 추진계획’을 세웠다. 이에 따라 기획재정부와 교육과학기술부, 지식경제부, 환경부, 국토해양부가 역할을 분담해 연구개발 및 실증과제를 수행하고 있다.

정부는 2019년까지 100만톤급 포집-수송-저장 통합 실증을 완료하고 플랜트 상용화 및 국제 기술경쟁력을 확보할 방침이다. KCCSA(한국이산화탄소 포집 및 저장협회)에 따르면 국내 포집 기술은 국제 수준에 이르렀으며 포집비용 단가를 낮추기 위한 연구가 진행되고 있다.

이번에 소개할 CO₂ Capture & Injection 프로젝트는 세계 최대의 석유회사인 사우디아라비아의 Saudi Aramco에서 2011년4월 처음으로 발주한 CCS 프로젝트이다.

국내의 S-Oil의 주인이기도 한 사우디아람코는 세계 최대의 산유국인 사우디아라비아의 석유개발을 위해 1933년 미국의 석유회사인 스탠더드와 텍사코 등이 공동으로 설립했는데 사우디 정부가 1976년에 100% 국유화한 국영 석유회사다.

최근에 KAIST와 아람코 총재가 지구 온난화의 주범인 CO₂ 배출량을 획기적으로 줄일 수 있는 혁신기술을 공동으로 개발하기 위해 카이스트에 ‘아람코-카이스트 이산화탄소 연구센터(ARAMCO-KAIST CO₂ 연구센터)’ 설립을 주요내용으로 하는 양해각서(MOU)를 사우디 다란에 있는 아람코 본사에서 체결하기도 했다.(해럴드경제;2013.1)



그림 1. CCS 프로젝트 Diagram

이제 CO₂ Capture & Injection 프로젝트를 다음과 같이 소개하고자 한다.

1. 프로젝트 개요

1. PROJECT NAME : CO₂ Compression, Transport & Processing Facilities
2. LOCATION : Hawiyah & Uthmaniyah, KSA
3. OWNER : Arabian Oil Company (SAUDI ARAMCO)
4. LICENSOR : Technip & Saudi Consultant
5. CONTRACTOR : Samsung Saudi Arabia Co., Ltd. (SSA)
6. WORK SCOPE : Engineering, Procurement, Construction

A. Hawiyah NGL Recovery Plant

- An Integrally geared compressor
- A Tri-Ethylene Glycol(TEG) dehydration unit
- Expansion of Cooling water system
- A Dense phase pump

B. Hawiyah to Uthmaniyah CO₂ Pipeline

- Approximately 86km.

C. Uthmaniyah GOSP7

- A standalone high pressure production trap(HPPT)
- A gas compressor System
- Chemical treatment
- A Dedicated Flare System

7. CAPACITY : 45 MMSCFD of wet CO₂

2. 위치도 및 Process Flow



A. Hawiyah NGL

B. Uthmaniyah GOSP7

C. CO₂ Pipeline(Piping work between the above plants)

그림 2. 현장 위치도



그림 3. Plot Plan

CO₂ Compression 프로젝트는 Hawiyah NGL 기존 공장에서 채집된 CO₂를 압축한 후 87km의 8" Pipeline을 통하여 압송하여 GOSP-7 기존Plant에 주입하는 공정이다. 압축된 CO₂는 공기보다 무겁기 때문에 이미 생산된 Oil 및 Gas의 지하 빈 공간에 충전 되는 것이다.

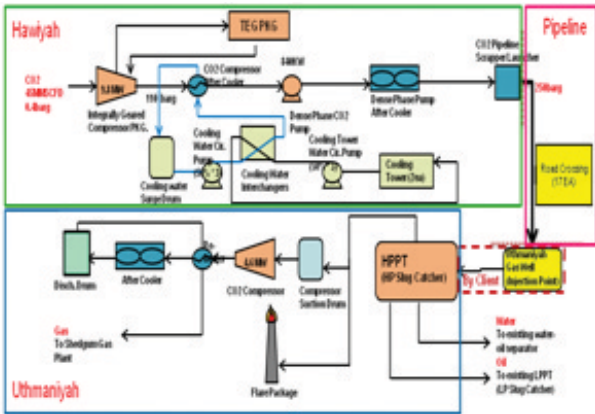


그림 4. Process Flow

3. 프로젝트 시공 물량

표 1. 프로젝트 시공 물량

Category	Unit	Hawi.	Uthma.	Pipeline	Total
Civil	M3	1,929	1,156	38,916	42,001
Building	Ea	-	1	-	1
Steel Structure	Ton	248	138	-	386
Mech(Stationary)	Ea	13	7	4	24
Mech(Rotating)		18	10	-	28
Piping	DI	36,195	23,037	57,524	116,756
Ton	533	296	5,752	6,581	
Electrical(Cable)	M	70,183	46,841	75	117,099
Instrument(Cable)	M	16,500	15,860	50,300	82,660
Painting	M2	4,074	6,487	170	10,731
Insulation	M2	183	433	-	616

4. Saudi Aramco 프로젝트 특기사항

아람코 프로젝트 수행시 특기할 사항으로 아래와 같이 6 가지 정도의 내용으로 요약해 본다.

1) Gate Pass (프로젝트 별로 다르게 운용) : 작업장에 들어가기 위해서는 인원과 장비에 대한 사전 승인이 이루어져야 작업을 시작할 수 있으며, 인원은 임시출입증을 한달에

15일간만 발행이 가능하며, 필요하다면 1년짜리 장기 Access Permit를 신청할 수 있다.

장비는 3개월짜리 Access를 발급받을 수 있는데, 신청절차가 복잡하고 시간이 오래 소요가 되므로 공사시작 전 미리 준비해야 한다.

표 2. Permanent ID 발급

항 목	내 용
1) ID 유효 기간	1) Iqama가 있을 경우에는 1년 기한 - 매년 Renewal 하며, Project 종반기에는 Completion date 기준일까지만 인정되므로 그 기간이 줄어들게 된다. 2) Passport만 있을 경우에는 3개월 기한의 Permanent ID를 발급
2) ID 소요 시간	1) 신청 후 Web상의 승인까지는 대략 1주일이 걸리며, Web상의 승인 후 발급까지 또 1주일 정도의 시간이 소요됨. - Aramco ID Office의 업무 Load가 과할 경우 1달 이상이 걸리기도 한다.
3) Appointment Date	1) Web상의 승인이라 함은 Appointment date가 지정된다는 의미이다. Appointment date 당일 Aramco ID Office를 방문하여 신분증/Blood test 결과를 제출한 후 지문인식 및 사진 촬영을 하면 바로 ID가 발급된다. 2) Aramco ID Office 의 지문인식 및 사진촬영 Capability가 한정되어, 일시에 많은 인력이 신청할 경우 Appointment date가 한참 뒤로 밀리게 되어, 1달 이상이 소요되기도 하였다.

2) QC(Quality Control) System : QC 인력은 아무나 QC Inspection을 할 수 없다. 반드시 Aramco Approval을 받은 인력 이어야 하며 정확한 기준은 없으나 대부분 서류심사에서 10년이상 경력은 Interview단계까지 가나 그 이하는 서류 전형에서 떨어짐. Interview에서는 간단한 상식 및 시험 또는 test를 거쳐서 Approval의 여부가 결정된다. 본 인력은 상당히 중요하며 인력이 없으면 모든 관련 Inspection을 통과 할 수 없어 공사 진행이 어려우므로 미리 Qualify된 인력을 섭외 및 고용 해야 한다.

사업주는 Contractor가 Quality standards requirements를 잘 이행하고 있는지 여부를 효율적으로 평가하는 시스템(PQI: Project Quality Index)을 가지고 있으며, 이 평가는 설계/조달, 공사/시운전 부분으로 나누어 매월 평가하며, 평가 항목은 3개 항목 45개 Item으로 구성되어 있다.

또한, SAMSS, SAES, SAEP 및 관련 Quality requirement에 따라 공사 진행되어야 하며, 기타 다른 기

술적인 방법으로 접근하려면 SAPMT, SAPID 및 CSD(Consult Service Division)의 승인을 받아야 하며, 승인을 받는데 시간이 많이 소요되며, Standard에 명시된 항목 외에는 승인을 받기가 상당히 어렵다.

표 3. Quality Personnel Qualification Requirements

담당 업무	교육 정도	총 경력	요구 경력
QC Manager	대학교 졸업 또는 동등한 학력	검사업무 7년 이상	총 경력 중 석유화학, 정유, Gas, Infra 또는 통신 설비의 건설
	고졸	검사업무 10년 이상	경력 5년 이상의 Supervision 업무
QC Supervisor	대학교 졸업 또는 동등한 학력	검사업무 7년 이상	공사관리업무
	고졸	검사업무 10년 이상	최소 3년 이상 경력

Inspection Title	총 경력 (年)		
	Overall	Inspection Specialty	Contract Scope of Work
Sr. Inspector	8	5	3
Inspector	5	3	2
Assistant Inspector (Saudian only)	- 고졸이상으로 3년 이상의 업무 경력 - 전문대 졸업으로 2년 이상 - 단 기계, 전기, 통신 분야는 대졸이상의 경력요구 - Contract Scope of Work은 석유화학, 정유, Gas, Infra 또는 통신 설비의 건설 경력		

3) Work permit System : 매일 작업을 시작하기 전 일일 2회 (Issue 시간 : AM 07:00 / 2:30 PM) Work Permit Issue(사업주)로부터 작업 허가를 받아야 작업을 시작할 수 있다. Contractor의 Work Permit Receiver는 그날 작업하는 인원, 장비, 작업내용 등을 파악하여 작업 허가를 받아야 하므로 사전 준비가 필요하다.

4) Aramco Certification : Lay down area + Camp area는 사전에 사업주로부터 LUP(Land Use Permit)을 받아야 하며, 안전에 관련된 인력 및 설치물의 Aramco Certification을 취득하여야 한다. 만약, 기존 공장에서 작업해야 하는 상황이 발생하면 안전에 관한 규정은 더욱 더 까다롭고 복잡해지므로 사전에 철저한 준비가 요구된다.

표 4. Aramco Certification Requirements

Aramco Certification	유효기간	Total
Fire Watch Man	2년	3rd Party Training 後, Certi. 即 수령 가능
Work Permit Receiver	2년	Aramco 교육 이수 및 Test 합격 後, Certi. 수령
Scaffolding Inspector	3년	Aramco 교육 이수 및 Test 합격 後, Certi. 수령
Scaffolding Supervisor : Level I	3년	자격요건 - Supervisor Level II T & S : 3년이상 경력자
Scaffolding Supervisor : Level II T	3년	경력자 - Supervisor Level I : 5년이상 경력자
Scaffolding Supervisor : Level II S	3년	- Inspector : 경력조항 없음
Rigger : Level I	2년	Aramco 교육 이수 및 Test 합격 後, Certi. 수령
Rigger : Level II	2년	자격요건 - Level I : Level II로서 2년이상 경력자
Rigger : Level III	2년	- Level II : Level III로서 2년이상 경력자 - Level III : 경력조항 없음
Crane Operator	3년	반드시 사우디정부 Crane Operator License를 보유해야 함. (Block Visa Position이 Crane Operator여야 함)
Heavy Equipment Operator	3년	반드시 사우디정부 Heavy Driver License를 보유해야 함. (Block Visa Position이 Heavy Driver여야 함)

5) Security 관련 사항 : Aramco의 Security Department는 일종의 독립부서로서, Security 사항 위반 시 Project에 막대한 영향을 초래할 수 있으므로, 지속적인 교육을 실시해야 한다.

표 5. Aramco Security 관련 내용

항 목	내 용
Aramco Plant 내부	* Aramco Safety & Security Department에서 별도 관리함 (PMT가 영향력을 발휘할 수 없는 조직임)
Security 관련 유의사항	1) 반드시 허가 받은 장소(빨간색 Box)에서만 흡연을 할 것. 2) 지정된 장소 外 Mobile Phone 사용은 절대 금지 (Mobile을 사용하지 않아도 전원이 On되어 있어도 위반으로 간주) 3) 카메라 및 카메라가 장착되어 있는 핸드폰은 소지가 금지된다. 4) Notebook 은 사전에 승인 절차를 거쳐 반입이 가능함. (승인 소요시간 : 약 1달) 5) 차량의 경우도 차량 Sticker를 받아야 진출입이 가능하며, - 3개월에 한번씩 Inspection을 받고 이상이 없어야 Vehicle ID를 갱신 받을 수 있다. - 모든 차량은 40Km/hour 이하로 서행해야 하며, 모든 교차로 ("Stop" Sign)에서 반드시 일단 정지해야 함. - 길 한복판에서 승차 및 하차 절대 금지. - Security gate 통과시 야간에는 반드시 Head Light를 끄고 통과해야 함. 6) Traffic Violation : 아람코의 모든 단지 내에서는 Traffic Violation이 엄격하게 다루어진다. Aramco Security가 24시간 순찰을 돌고 적발시는 그 경중에 따라 벌점을 받고 벌점이 일정 점수 이상이면 퇴출이다.

표 5. Aramco Security 관련 내용

항 목	내 용
Security 관련 유의사항	7) Heavy Equipment Delivery 시에는 평상시와는 다른 Gate를 이용하는데, 이때에는 Security Department가 모든 것을 통제 하게 된다.
	8) Road Crossing 관련한 공사는 모두 Security에 알려야 한다.
	9) 아람코 단지 출입시는 반드시 들어온 기록과 나갈 기록이 남아야 한다. 즉 ID를 잃어버리면 단지 내에서 나갈 수 없으므로 ID 관리에 주의해야 한다.

6) Safety Requirements : P.S.I (Project Safety Index)
 - Aramco에서 Contractor의 Safety 수준을 특정 항목 기준으로 평가하는 제도로서 매월 100점 만점 기준으로 P.S.I 점수가 발표되며, 점수가 낮을 시에는 P.Q.I와 같이향후 입찰참여 제한 등의 불이익을 당할 수 있다. 총 26개 Item으로 구분되어 있으며, 그 항목은 아래 표5에 명기되어 있다.

표 6. P.S.I 평가 기준 26개 Item

Inspection Item
1. PPE Usage (Behavioral)
2. Positions of People (Behavioral)
3. Safety Rules and Procedures Compliance (Behavioral)
4. Tools and Equipment (Includes Behavioral)
5. Housekeeping (Includes Behavioral)
6. Safety Management and Documentation
7. Health and Welfare
8. Work Permits
9. Traffic Control
10. Fire Prevention
11. Scaffolds/Ladders/Fall Protection/Fall Arrest
12. Abrasive Blasting and Coating
13. Trenching/Excavation/Shoring and Explosives
14. Concrete Work
15. Heavy Equipment
16. Cutting/Welding/Brazing
17. Compressed Gases
18. Air Compressors
19. Vehicle Safety
20. Electrical
21. Crane and Lifting Devices
22. Chemical Handling
23. Waste Management
24. Project Management and Contractor Facilities
25. Radiation and NDT
26. Confined Space Entry

5. 공사 Risk 및 대처방안

전 세계적으로 원자력공사 다음으로 까다로운 규정을 가지고 있는 사우디아람코 공사를 수행하기 위해서는 최소한 아래의 사항은 준비를 철저히 하여 공사수행을 하여야 한다.

1) Crane 장비는 일단 Boom down을 하여 다시 Assemble하게 되면 다시 3rd Party inspection을 받고 다시 Aramco Inspection을 받아야 한다.

2) Gate pass문제나 work permit 문제로 공사가 중단되는 상황이 비일비재 함으로 log관리를 잘해 놓아야 한다.

3) 자재나 공사업체는 아람코 approved된 Vendor code가 없으면 일체 사용이 불가함으로 사용코자 하는 업체는 미리 PQ를 제출하여 승인절차를 받아야 한다. (Aramco inspector의 자체검사를 하는 등 2~3개월 소요됨)

4) 가설공사는 Temporary라는 개념이 없으며 무조건 Permanent 개념으로 만들어야 한다. 예를 들면 모든 activity를 Aramco inspection을 받아야 하고, 반드시 소화전을 office 주변에 설치해야 하며, office주변으로 소방도로인 6m 도로가 있어야 한다. (marl paving road) (프로젝트 별 적용)

5) Aramco는 Project별로 맞춰야 할 Saudization 비율이 각각 다르지만 Saudization 비율을 맞추기 위한 인력 고용 계획 및 비용을 반영 해야 한다. 또 한가지 중요한 사항은 Saudization을 맞추지 못 할 경우 계약된 M-hour단가를 적용하여 대 사업주 기성에서 매월 공제 한다.

6) Aramco는 Twin program이라고 하여 고용한 사우디 인력에 대해 일정 비율의 인력을 해외 연수 또는 Training 시키는 방법등에 대해 계획을 제출 해야 하며 이에 대해 시행을 해야 한다.

7) Aramco Project는 공사를 시작하기 전 사업주로부터 받은 Area라 할지라도 LUP라고 하여 Land use permit을 받아야 한다. 본 LUP는 Loss prevention department에서 발급하는 것으로서 실로 막강한 부서이며 safety의 최상위 Level이라고 보면 된다. 이 LUP는 신청후 Approval까지 약 1~2개월이 걸림으로 사전에 신청을 해놔야 현장 투입후 바로 공사에 착공 할 수 있다.

8) 전기의 수전 및 기존 공장의 전기 시설에 대한 Modification 및 Tie-in은 PMT보다는 PDD(Power Distribution Part)에서 관할하므로 직접 Control이 안되고 모든 것을 SAPMT를 통해서 해야 함으로 Lead time 소요

된다. 문제 발생시 많은 시간 소요와 기술적인 문제 발생시 제3자를 통해야 함으로 문제 해결에 시간이 많이 소요된다.

9) IT(Tel & Lan)은 Aramco내에 별도 조직이 있어서 SAPMT에서 관리를 못한다. 도면 및 시공 승인도 이곳에서 관리, 도면 및 시공은 반드시 Aramco에서 Certified된 업체로 요구한다.

10) Saudization은 사우디 노동법에 따라 10%를 갖추게 되어 있는 관계로 보통 10%에 대한 견적을 업체가 Proposal 한다. 그러나 Aramco는 project별로 비율이 다르므로 이를 확인하여 견적해야 한다.

11) QC, Inspector 인력으로 상당 cost impact가 발생한다. (예: Shop은 welder 25명당 1명의 inspector가 필요함. Field는 welder15명당 inspector 1명, 제어는 labor or technician 25명당 inspector 1명, 전기는 Labor or technician 20명당 inspector 1명이 필요함 등) 따라서 견적에 반영 요망된다.

12) 가설공사가 temporary 개념이 아닌 permanent 개념으로 시공된다. (프로젝트 별 적용) 즉, Office, 배관line, 전기line, 소방line등 전부 본 공사 spec.을 적용하며 자재 및 시공에 대해서도 inspection을 받기에, 견적에 반영 해야 한다.

13) 아람코 수행을 하기 위해서는 Construction manager, Safety manager, QC manager는 가급적 영어권 백인을 고용하는 것이 원가절감 결과를 가지고 올 수 있다. 사업주 PM인력 90%이상인 미국, 영국인으로 소통의 부정확으로 인한 기회 손실이 더 큰 손실을 초래할 수 있기 때문이다.

6. 맺음말

위에서 언급한 내용 외에 직영 운영시 고려해야 할 인원/자재/ 장비 동원계획을 비롯하여 사우디 현지 기후 조건, 라마단 및 하지 등의 현지 휴일 조건 등을 고려한 공사 계획이 수립되어야 한다.

또한, 사업주 C/O 및 Subcontractor Claim등도 살펴야 할 것이다.



그림 5. Grand Mosque (메카 소재)

1975년 국내건설업체가 처음 사우디에 진출한 이후 올해가 38년이 되는 해이다. 지금까지 해외에서 총 5,400억불이 넘게 수주하였고, 작년 한해 649억불의 해외수주를 달성하였다. 처음 사우디에 진출할 때와 지금의 상황은 많이 다르겠지만 향후 10년간 꾸준히 발주될 중동의 프로젝트를 철저히 준비하여 제2의 중동신화를 이어갔으면 한다.

특히, 지구 온난화의 주범인 CO₂ 감축을 위해 발주될 CCS 프로젝트는 이제 시작에 불과한 것 같다. 당장 사우디아람코에서는 2011년 Pilot로 발주된 CO₂ Compression 프로젝트와 유사한 프로젝트를 올해부터는 10개 이상을 발주한다는 소식이다. 2013년은 대한민국 건설업체의 새로운 도전 분야가 시작되고 있다.

· 양기환 e-mail : kh74.yang@samsung.com