

Orano 성공적인 원전해체 사업 지원 경험

Frederic Bailly
프랑스 Orano 전무이사



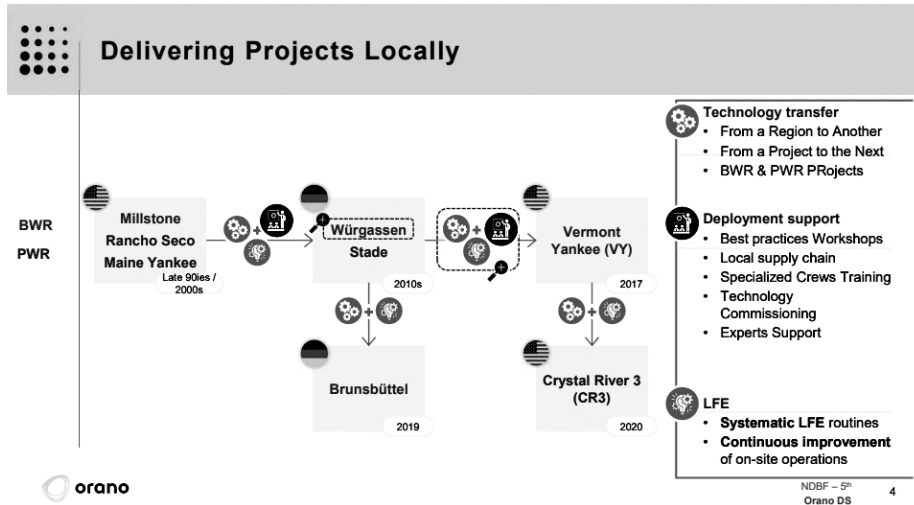
안녕하십니까? 저는 Frederic Bailly(프레드릭 벨리)라고 합니다. 현재 Orano(오라노) 미국 원전해체 서비스 대표를 맡고 있습니다. 저는 오라노에서 현재 20년이 넘는 기간 동안 일을 하고 있습니다.

30년 이상의 해체 경험

오늘 여러분들에게 오라노에서 여러 차례 시행했던 경수로 해체 프로젝트 경험에 대해서 말씀을 드리겠습니다. 오라노는 해체 프로젝트를 지난 30년 동안 수행해오고 있습니다. 대부분은 이제 상업

원전 해체 프로젝트였으며 유럽과 미국에서 많이 진행했습니다. 1990년대, 2000년대에 저희가 몇 건의 프로젝트를 미국에서 수행했습니다. 그리고 이러한 프로젝트를 통해서 많은 경험을 축적했고, 기술도 개발했습니다.

2000년대 중반에는 미국에서의 경험을 유럽과 공유했습니다. 그때 독일에서 프로젝트가 진행되었고, 경수로 프로젝트였습니다. 가압경수형 원자로(PWR, Pressurized-Water Reactor)와 비등수형 원자로(BWR, Boiling Water Reactor) 프로젝트가 있었고, 대부분 유럽에서는 연료주기시설에서의 프로젝트도 진행이 됐습니다. 재처리시설 프로젝트도



[그림 1] 지역간 딜리버리 프로젝트 수행 과정

있었습니다. 이러한 시설의 해체는 원자로 내부 구조물을 경수로에서 제거하는 것보다 훨씬 더 복잡합니다. 그래서 앞으로 슬라이드를 통해서 우리가 어떻게 경험을 축적했고, 경험을 어떻게 공유했는지에 대해서 말씀을 드리도록 하겠습니다. 이러한 경험을 어떻게 또 활용했는지, 그리고 프로젝트 딜리버리를 어떻게 개선해왔는지 말씀드리겠습니다.

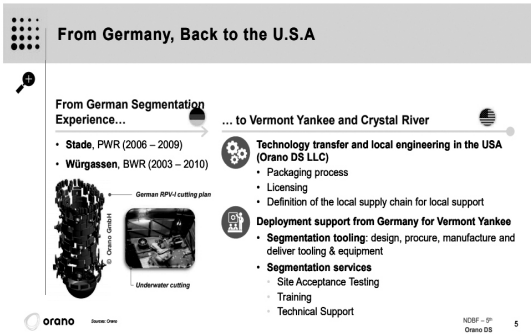
지역간 딜리버리 프로젝트

몇 가지 사례로 말씀드리겠습니다. 시간을 거슬러 올라가서 1990년대 말 2000년대 초 메인 양키 프로젝트(Main Yankee Project)를 사례로 들어서 말씀을 드리겠습니다. 원자로 용기와 내부구조물 절단 해체를 진행했는데, 내부 구조물 작업을 하기 위해서 그 당시에 사용했던 기술들이 잘 작동했지만, 또 몇 가지 이슈가 있었습니다.

그런데 이러한 경험에 대해서 우리가 독일 팀과 공유할 수 있다고 생각했고, 2000년대 중반에 이러한 기술공유를 통해서 기술이 개선되었습니다. 이러한 교훈을 얻어서 그 관련 내용이 독일 프로젝트 2건에 적용되었습니다. 스타드 원전(Stade, PWR)입니다. 그리고 비르가산(Würgassen, BWR)에도 적용이 되었습니다. 이러한 해체 프로젝트를 독일에서 진행했고, 미국에서 향상된 기술을 바탕으로 독일 프로젝트가 진행된 것입니다.

독일에서 다시 미국으로

그 이후에 그 기술을 다시 미국에 적용하기로 했습니다. 그래서 버먼트 양키 프로젝트(Vermont Yankee Project)에 적용이 됐는데, 저희가 기술을 다시 이전했던 최초의 사례로서 방법론 뿐만 아니라 여러 교육훈련, 종사자에 대한 훈련도 진행되었



[그림 2] 독일 해체 경험을 미국에 적용한 오라노

습니다. 그래서 메인 양키 프로젝트에서 우리가 축적한 과거의 경험, 그리고 메인 양키 프로젝트의 인력을 바탕으로 그다음 프로젝트인 버먼트 양키 프로젝트가 진행된 것입니다. 그래서 버먼트 양키 프로젝트에서 얻은 경험을 바탕으로 미국 크리스털 리버 3호기 프로젝트(Crystal River 3)를 진행하고 있습니다. 2017년부터 지금까지 진행이 되고 있는데 또 버먼트 양키에서 배운 점도 많고 정보교류를 미국과 독일 간에 하고 있습니다. 그래서 관련 인프라를 다시 만들게 되었고 지속적으로 관련 기술을 크리스털 리버 3호기에 적용을 하고 있습니다.

독일에서 미국으로 다시 기술공유가 이루어졌습니다. 저희가 전문가팀, 그리고 엔지니어링 지원부를 미국에 두고 있는데 이분들이 초기 프로젝트에 참여했습니다. 그래서 엔지니어링 계획역량을 쌓았고, 또 독일에서는 특수절단 기술을 활용했습니다.

이러한 작업을 할 때에 독일과 미국 간에 폐기물 처리 관련 규제가 다릅니다. 그래서 그 규제를 각각 고려하였는데, 미국의 경우에는 원자로 가압용기를 250개의 조각으로 절단을 하는 것이 아니라 20

배 정도 적은 사이즈로 만들었습니다. 그래야만 미국에서 사용하는 운송이나 처분 경로를 사용할 수 있는 것입니다. 독일에서의 폐기물 처분과는 방식이 다릅니다. 그래서 계획과 엔지니어링 관련, 그다음에 절단 포장계획 최적화 기회가 있었고 이러한 기회를 포착하기 위해서는 절단할 수 있는 기술이 필요했습니다.

그래서 여러 가지 기능을 가진 기술을 파악했습니다. water jet 절단기가 사용되었는데, 여러 다양한 위치에서 절단을 할 수 있는 그러한 기술이고 이 기술이 지금까지 효과적인 것으로 드러났습니다.

기술뿐만 아니라 역량자원, 또 훈련, 테스트, 절차서 등을 관리해야 하는데, 저희는 독일 동료들과 함께 계획을 수립했습니다. 그리고 독일 전문가들이 미국까지 와서 도구 관련 교육도 진행했습니다. 그리고 작업을 할 때 또 저희가 독일 전문가들에게 도움을 요청해서 도움을 받기도 했습니다. 그래서 다시 이러한 축적된 기술과 경험을 미국으로 가져와서 또 여러 가지 프로젝트를 통해서 여러 가지 이슈를 통해서 교훈을 얻고, 그러한 교훈을 통해서 이슈를 극복할 수 있었습니다. 또 오라노의 다른 전문가들과 교류하고 또 유럽의 역량강화 하는 데 활용될 수 있었습니다.

교훈 및 모범 사례

몇 가지 성공요인과 교훈, 모범사례에 대해서 말씀드리겠습니다. 통합계획의 중요성에 대해서 알게 되었습니다. 또 이해당사자들의 조율이 필요하고,

또 조기 연구와 시나리오 작성이 필요합니다. 그래야만 프로젝트의 효율성을 높일 수 있습니다. 통합 계획이라는 것은 엔지니어링뿐만 아니라 현장의 경험을 적용하는 것입니다.

그리고 발전소의 제약사항을 고려하는 것입니다. 그다음에 이해당사자와의 조율이라는 것은 운송역량이 어떤지, 처분역량이 얼마나 되는지, 우리가 발전소에 대해서 얼마나 잘 알고 있는지, 그리고 정비나 운전을 하셨던 분들과 연락하여 관련된 정보를 얻는 것입니다. 또한 모델링과 폐기물 특성화를 잘하는 것도 필요합니다.

방사선조사 인풋이 필요한데, 모델링, 그리고 특성화가 폐기물에 대해서 진행이 되면 최적화된 해체 포장계획을 수립할 수 있습니다. 여러 가지 운영이나 물류, 그리고 처분과 관련된 여러 가지 제약사항을 고려해서 이러한 계획을 수립하게 됩니다.

이렇게 되면 ALARA에 최적화된 계획이 가능합니다. 프로젝트를 실행하는 기간 중에 계속해서 추적해야 하는 것입니다. 여기에서 또 중요한 것은 검증된 솔루션을 활용해야 한다는 것입니다. 또 탄탄한 교육도 제공해야 하고 현장에서 감독도 필요합니다.

경험으로부터의 교훈

우리는 해체, 수자원관리, 기술 솔루션을 활용했습니다. 그리고 여러 프로젝트를 통해서 검증된 것이 있습니다. 프로젝트 시작 전과 시작 후, 프로젝트가 진행되는 과정에서도 지속적으로 교훈이나 발견한 기술적인 내용을 공유하고 있습니다.

독일에서 미국으로 기술을 공유하고 많은 교훈을 얻었고, 기술을 개선해왔고, 또 독일에서 다시 미국으로 기술을 적용하였습니다. 그래서 이러한 경험을 바탕으로 기술을 개선하고, 또 종사자 관련한 교육훈련도 제공을 하고, 현직 협력업체를 개발하는데도 도움을 주었습니다. 버먼트 양키 프로젝트에서 개발된 기술은 이제 크리스털 리버 3호기 프로젝트에 적용될 것입니다. 이러한 팀과 도구를 개발해서 크리스털 리버에 적용하는 것입니다.

우리는 지속적으로 이러한 활동을 이어갈 것입니다. 분기별로 전문가 교류도 이어갈 것입니다. 우리는 이러한 전문가 교류를 통해서 프로젝트에 많은 도움을 받고 있습니다. 이것이 우리가 얻은 큰 교훈이라고 생각을 합니다. 기술, 또 역량, 자원관리 등 모든 측면에서 우리는 글로벌한 사고를 하고 있고, 우리는 로컬 팀이 로컬 현장에서 프로젝트 딜리버리를 하고 있습니다.

다시 한번 이러한 기회를 주셔서 감사합니다. 경청해주셔서 감사합니다. **KIIF**