



Oconee 원전의 운영 허가 갱신의 교훈

Tom Shiel

미국 Duke Energy사 홍보 전문원

“만약 그 일을 다시 할 수만 있다면...” 대부분의 사람들은 탄식하듯이 이런 말을 자주 한다. 놓쳐버린 기회와 보답 없는 사랑, 그리고 젊은 시절의 경솔함과 여명의 회상들이 이런 탄식의 촉매가 된다.

구어체의 표현으로 옮겨보면 “내게 한번 더 기회를 주시오...” 라고 할 수 있을 것이다. 잃어버린 사랑, 실패한 사업, 그리고 기회의 창들은 이미 닫혀지고 폐쇄되었다.

그러나 Duke Energy에게는 이 말의 의미가 7,000쪽 이상의 문서 준비에 따른 몇 년간의 추가 연구와 자료 수집을 의미한다. 다시 말하면, “그렇다. Oconee 원전은 운영 허가 갱신을 성공적으로 해냈으며, 이제 McGuire 와 Catawba 원전 차례다.” 라고 할 수 있을 것이다.

Duke Energy의 운영 허가 갱신 팀은 2000년 5월에 미국 원자력발전소 가운데 두 번째로 정부로부터 Oconee 원전 1·2·3호기(PWR,

각 89만kW급)의 운영 허가를 20년간 추가로 승인 받았으며, 미국 정부는 McGuire 원전 1·2호기(PWR, 각 120만 kW급)와 Catawba 원전 1·2호기(PWR, 각 120만kW급)에 대해서도 동일한 조치를 취할 것으로 예상된다.

McGuire 원전 1·2호기와 Catawba 원전 1·2호기의 운영 허가 갱신 신청서는 금년 6월 미국 원자력규제위원회(NRC : Nuclear Regulatory Commission)에 접수되었다. 이들 두 발전소의 운영 허가 갱신 신청서는 동시에 접수되었지만 각 발전소 특성에 맞게 신청서를 작성하였다.

미국 North Carolina주 Charlotte 시에 있는 Duke Energy의 에너지 센터에서 제시된 의문점은 “만약 우리가 그 일을 다시 할 수 있는 기회를 갖게 된다면, 무엇을 다르게 할 수 있겠는가?” 하는 것이었다.

Duke Energy의 운영 허가 갱신 팀의 선발 요원이자 프로젝트 매니

저로 있는 Gregory D. Robison씨는 “이런 형태의 프로젝트에서 직면하게 되는 문제는 전기 사업자뿐만 아니라 규제 기관에게도 발전소가 계속해서 안전하고 신뢰성 있게, 그리고 효율적으로 운전할 수 있다는 확신을 심어주는 것이다. 이 문제는 증거와 사례를 제시함으로써 해결할 수 있다.”고 강조하였다.

적수 단계

Duke Energy는 규제가 존재하는 전력 시장과 규제가 없는 전력 시장에서 원자력 발전의 생존 능력을 입증하기 위한 사업 모델을 구축함으로써 1992년에 운영 허가 갱신 준비를 착수하였다. 그 결과는 매우 긍정적이었으며, 최근의 원자력 발전소 구매 열풍으로 확인되었다.

Oconee 원자력발전소는 현재의 운영 허가 기간인 40년 외에 추가로 20년간을 안전하고 효율적으로 운전할 수 있다는 사실을 입증하는

경년 열화 관리(Aging-Management) 프로그램을 보유하고 있다. 또한 원자력 에너지가 경제성이 있다는 확신을 가지고 Robison씨의 운영 허가 갱신팀은 이러한 사실을 증명하는 문서와 자료를 준비하기 위하여 구성되었다.

미국 South Carolina주 Seneca 근방 Keowee 호수에 위치하고 있는 Oconee 원자력발전소는 1973년과 1974년에 미국 정부로부터 상업 운전 허가를 받았다. Oconee 원전은 846MWe(Net Power)급 Babcock & Wilcox 1·2·3호기로 구성되어 있으며, 최초로 송전을 개시한 이래 미국 내 다른 어떤 원자력발전소보다 많은 4,250억 kWh의 전기를 생산하였다.

운영 허가 갱신 문서를 준비하는 것은 고된 작업이었으나, 이것은 단지 기나긴 여정의 첫 번째 단계였을 뿐이다. Duke Energy는 1998년 7월, NRC에 운영 허가 갱신 신청서를 제출하였으며, 약 2년간의 검토 기간중 대부분의 규제 지침 기준은 운영 허가 연장을 추진하는 다른 원자력발전소를 위하여 준비되었다.

Oconee 원자력발전소는 미국에서 Calvert Cliffs 원전에 이어 두 번째로 운영 허가 갱신 신청서를 제출하여 승인을 받았으며, 전체적인 개념은 에너지 서비스 공급자뿐만 아니라 규제 기관인 NRC 모두에게

완전히 새로운 것이었다.

검토 기간중 양측 모두가 올바른 질문 내용을 만들기 위하여 열심히 작업하였을 뿐만 아니라 정확한 답변서를 작성하려고 매우 열심히 노력하였다.

Oconee 원자력발전소를 평가하는 것은 시간상 과거로 돌아가는 것 같았다. Oconee 원전이 계획되고 건설된 이후에 원자력 산업계는 많은 발전을 하였다. 대부분은 아니지만 많은 양의 표준화된 운영 허가 갱신 지침이 그때까지도 만들어지지 않았다.

NRC 검사원과 Duke Energy의 운영 허가 갱신팀원들은 1960년대와 1970년대에 운전중이었던 원전에 대하여 검토를 시작하였으며, 그와 같은 프로그램과 프로세스를 운영 허가 갱신 규제 지침으로 도출된 사항에 접목시켰다.

Robison씨는 “초창기에 우려되었던 사항중 한 가지는 과연 Oconee 원전이 제대로 평가되는지를 확신하는 것이었다. 원자력 산업계가 끊임없이 진보해온 사실로 미루어 볼 때, 1973년에 상업 운전을 시작한 원자력발전소와 1980년대에 상업 운전을 개시한 원자력발전소를 비교하는 것은 적절하지 못하였다. 따라서 우리 팀원과 NRC 검사원은 이런 사례가 발생하지 않도록 주의 깊게 지켜보면서 작업을 수행하였다.”고 말하였다.

표준화 문서

예를 들어 Oconee 원전의 「개정판 최종 안전성 분석 보고서(UFSAR : Updated Final Safety Analysis Report)」는 총 4권의 볼륨으로 구성되었다. McGuire 원전과 Catawba 원전의 UFSAR은 각각 7권의 볼륨과 8권의 볼륨으로 되어 있다.

NRC는 1973년과 1974년에 Oconee 원자력 발전소가 건설되었을 당시에는 존재하지 않았던 규제 지침과 일련의 「표준검토계획서(SRP : Standard Review Plans)」를 개발하였다.

이와 같은 표준화 문서들은 보다 현대적인 발전소에 적용되는 수많은 정보와 규제 지침을 제시하였다. Duke Energy의 운영 허가 갱신팀의 당면 과제는 이러한 지침들이 확립되기 전에 건설된 Oconee 원전이 여전히 안전하며, 앞으로도 신뢰성 있게 운전될 수 있는 발전소라는 사실을 NRC 검사원들에게 증명하는 것이었다.

“Oconee 원전의 설계가 오래 전에 확정되고 발전소가 구형이었기 때문에 우리 팀원들은 발전소의 운영 허가 기준에 대하여 NRC 검사원들과 지속적으로 의견 교환을 하였다.”고 Duke Energy의 운영 허가 갱신팀원으로 근무중인 Rounette



Nader씨는 언급하였다.

“현행 발전소 운영 허가 기준은 향후 그 발전소의 운영 허가 갱신을 위해 이월되어야 하며, 다시 작성할 필요는 없다. 그러나 발전소 운영 허가 갱신을 위해서는 운영 허가 기준을 이해하여야 한다. 우리가 NRC와 공동으로 작업을 수행함으로써 양측 모두 무엇이 NRC의 규제 요건을 만족시킬 수 있는지에 대하여 보다 잘 이해할 수 있게 되었다.”고 Nader씨는 덧붙였다.

“우리는 결코 현재 Oconee 원전의 상태를 보다 현대적인 발전소와 연관지으려고 하지 않았으며, 그럴 필요도 없었다. 우리 팀원들은 NRC 검사원들에게 Oconee 원전의 설계가 안전하고 믿을만하며 효율적이라는 어느 수준의 안도감을 심어 주기만 하면 되었다.”고 그녀는 강조하였다.

운영 허가 갱신팀의 가장 큰 현안은 모든 사람들에게 동일한 상황에 처해있다는 사실을 주지시키는 것이었다. 더욱 현대화된 발전소를 목표로 한 기준 설정과 문서 작성 등 운영 허가 갱신 작업은 완전히 새로운 것이었다.

Nader씨는 “흔히 오래된 발전소가 먼저 폐쇄되고 규칙은 그런 방향으로 정해지기 마련이라고 생각하기 쉽지만, Oconee 원전은 그렇지 않았다. 또한 운영 허가 갱신을 위한 발전소 표준 규제 지침들은 더욱

많이 작성되었다.”고 강조하였다.

보다 현대적인 발전소는 사고 발생시 발전소가 대처해야 하는 안전 관련 사건·사고(safety events)에 대한 표준 목록을 관리하고 있다. 물리적인 측면에서 발전소 건물 배치는 해당 설비가 가지고 있는 기능에 의해 결정된다. 따라서 다른 구형 원자력 발전소와 마찬가지로 Oconee 원전은 이와 같은 표준 목록이 없었다.

Oconee 원전 운영 허가 갱신 계획은 방사성 물질의 방출을 감축시키는 물리적인 장애물을 설계함으로써 착수되었다. 이후 물리적인 설계에 대처하기 위해 안전 관련 사건·사고 목록을 활용하였다.

“NRC 검사원들은 구형의 발전소를 취급하고 있다는 사실을 이해하였으나, 한편으로는 Oconee 원전의 설비가 규제 지침으로 정해진 내용에 부합되는지 확인하려고 하였다.”고 Nader씨는 말하였다.

가장 근본적인 의문은 검사 범위에 대한 것이었다. “NRC 검사원들은 우리가 애초부터 검사 대상으로 고려하지 않았던 특정 계통들에 대하여 질문을 하려고 하였다.”고 운영 허가 갱신팀원인 Bob Gill씨가 언급하였다.

“마침내 Oconee 원전의 설계 기준과 운영 허가 기준에 대하여 토의를 하고, 왜 어떤 설비 또는 계통이 검사 범위에 포함되거나 제외되는

지에 대하여 설명하였다. NRC 검사원들은 그들 자신이 납득하기 위하여 검사 범위에서 제외된 계통들을 조사하였다.”고 강조하였다.

Duke Energy사의 운영 허가 갱신팀은 초기부터 NRC 검사원들에게 여러 가지 다양한 설명을 해주었다. 이는 결국 모든 사람들이 완전히 이해하게 될 때까지 여러 차례의 후속 회의로 이어졌으며, 결국에는 NRC 검사원들이 대부분의 방향을 제시하고 우리가 그에 대한 답변을 하였다.

성공의 열쇠

Duke Energy가 성공적으로 Oconee 원전의 운전 허가를 갱신하게 된 핵심적인 열쇠는 Oconee 원전이 비록 현재의 표준화된 규제 요건들이 확립되기 전에 건설된 발전소였지만, NRC의 안전 규제 요건들을 만족시키고 있다는 점을 NRC 검사원들에게 증명하였기 때문이다. 따라서 Oconee 원자력발전소는 연장된 운영 허가 기간중에도 안전하게 운전될 수 있을 것이다. Bob Gill씨는 “내가 생각하기에는 제기된 많은 문제점들에 대해서 팀원들 모두가 서로 배워가면서 공동으로 해결하려고 하였다.”고 말하였다. “수없이 많이 제기된 문제점들에 대한 증빙 자료들이 제시되자마자 그것들이 문제가 아니라

는 사실을 누구나 깨닫게 되었다. 단지 상황이 어떻게 전개되는지를 이해하고 알아야만 한다는 사실을 알게 되었다.”고 하였다.

많은 경우에 있어서 운영 허가 갱신팀원들은 증빙 자료를 찾기 위해서 광범위한 조사 활동을 수행하였다. Bob Gill씨는 “우리 팀원들은 Oconee 원전에서 결정적인 증거 자료를 제시하기 전에 모든 필요한 정보들을 확인하려고 수도 없이 많은 시도를 하였다.”고 강조하였다. “처음에는 셀 수도 없이 막다른 골목에 직면하였으나, 이제는 성공적으로 해결하는 방법을 알게 되었다.”

그는 ‘시간 제약 경년 열화 분석(time-limited aging analysis documentation)’ 방법을 예로 들면서 “우리는 자료 수집과 문서 작성을 위해 많은 분야에서 조사 활동을 수행하였다. 돌이켜 보면, 그 분석 자료는 단지 한줌의 문서에 불과하였다. 우리는 새로운 사실을 알려고 하지 않았기 때문에 수많은 다른 자료들을 조사할 필요가 없었다”고 언급하였다.

Oconee 원전의 운영 허가 갱신팀원들은 그 동안의 발전소 운전 경험을 살려서 어디서부터 조사해야 하는지를 알고 있었다.

Bob Gill씨는 “경년 열화 관리 프로그램(aging management program)을 통해서 경년 열화 효

과(aging effect)를 관리하려면 반드시 할 필요가 있는 사항에 대하여 사전에 결정을 내려야 할 경우가 많을 것이다. 따라서 경년 열화 관리 프로그램의 존재 유무를 미리 발전소에서 조사해봐야만 한다. 만약 경년 열화 관리 프로그램이 없다면, 새로 만들어야 한다. 우리 팀원들은 Oconee 원전에서 마지막 순간까지 최선을 다하였다. 이제 Catawba 원전이나 McGuire 원전에 대하여는 6개월 전부터 미리 관련 작업을 진행시키고 있다.”고 강조하였다.

Oconee 원자력발전소의 운영 허가 갱신 프로젝트를 통해서 McGuire 원전이나 Catawba 원전의 운영 허가 갱신 신청 작업을 어떻게 하면 단순화시킬 수 있는가를 알게되었다는 사실이 핵심적인 사항이다.

경년 열화 관리 프로그램이 검토가 완료된 후에 제 자리를 잡게 되면 다시 검토 작업을 수행할 필요는 없다. Duke Energy는 소유하고 있는 모든 원자력발전소에 대하여 동일한 방법을 사용하여 경년 열화 효과를 검토하게 될 것이다.

Bob Gill씨는 “Duke Energy는 회사 차원에서 많은 프로그램들을 관리하고 있으며, 이는 Oconee·Catawba 및 McGuire 원전 등에서 유사한 방법으로 운영 허가 갱신 작업을 진행시킬 수 있다는 것을 의미한다.”고 말하였다.

또한 Bob Gill씨는 “우리는 Oconee 원전의 운전 경험에 대하여 모든 검토 작업을 끝냈으며, 여기에는 수많은 조사 활동이 수반되었다. 따라서 Catawba 원전이나 McGuire 원전의 운영 허가 작업과 관련하여 일반적인 데이터 베이스에 대한 조사 활동은 다시 할 필요가 없을 것이다. 데이터 베이스는 변경되지 않았다. Oconee 원전의 운영 허가 갱신 작업을 착수한 이래 지난 2년간의 최신 정보는 수정되었겠지만, 이력 관리 문서나 통신문·간행물, 그리고 일반 서신들은 Catawba 원전과 McGuire 원전에도 그대로 적용될 것이므로 다시 연구 조사할 필요가 없다. 우리는 이미 관련 자료를 보유하고 있으며, 단지 필요한 것은 최신 정보로 수정하는 것이다.”고 강조하였다.

“NRC 검사원들에게 그러한 자료에 대하여 설명을 하고 필요하면 제시할 수도 있을 것이다. 이러한 활동은 Oconee 원전에서 수행했던 것과 동일한 것이다.”고 Bob Gill씨는 제차 강조하였다.

Oconee 원전의 운영 허가 갱신 경험에서 얻을 수 없었던 정보는 훨씬 더 쉽게 처리될 것이다. 왜냐하면, Catawba 원전이나 McGuire 발전소는 1970년대 후반 미국 원자력규제위원회(NRC)의 「표준 검토 계획서(Standard Review Plans)」가 발행된 이후에 상업 운



전을 개시하였기 때문이다. 이 계획서는 전반적인 운영 허가 갱신 검토 작업을 더욱 더 강력하게 단순화시켰다.

세부 내용

“최근의 UFSAR(Updated Final Safety Analysis Report : 개정판 최종 안전성 분석 보고서)에는 훨씬 더 많은 세부 내용들이 기술되어 있다. 따라서 Oconee 원전의 운영 허가 갱신 과정에서 관심을 불러일으켰던 몇몇 분야는 McGuire 원전이나 Catawba 원전의 경우에는 표준 설계를 채택하고 있기 때문에 별다른 문제가 없을 것이다”고 Nader씨가 강조하였다.

한 가지 예를 들면, NRC에서는 원자로 용기 Cladding 설치 과정에 대한 규제 지침을 개발하였다. 이 규제 지침은 문제가 될만한 경년 열화 효과를 배제하기 위하여 Catawba 원전이나 McGuire 원전에서는 이미 적용하고 있었다. 따라서, Oconee 원자로발전소의 운영 허가 갱신 과정에서는 문제가 되었으나, Catawba 원전과 McGuire 원전에서는 성공적으로 해결되었다. Bob Gill씨는 “우리 팀원들은 시간이 지남에 따라 사물이 어떻게 변화되었는지, 그리고 구형 발전소에서 초기에 문제가 되었던 사항들이 NRC 규제 지침을 통해서 어떻

게 개정되었는가를 알게 되었다.”고 말하였다.

물론 McGuire 원전이나 Catawba 원전에만 적용되는 독특한 문제점들도 있다. 즉 이들 두 발전소는 안전 계통의 일부로 얼음 응축기(ice condensers)를 사용하고 있다. 또한 Catawba 원전은 이들 세 발전소 중 냉각탑(cooling towers)을 사용하는 유일한 발전소이다.

Oconee 원전이 Babcock & Wilcox의 설비를 사용하는 반면에 다른 두 발전소는 Westinghouse 설비를 활용하고 있다.

미국 원자력규제위원회(NRC), 미국 원자력협회(Nuclear Energy Institute) 및 기타 원자력 관련 기관들이 제공하는 규제 안내 문서가 있음에도 불구하고, 모든 원자력발전소들이 조금씩은 다르기 때문에 운영 허가 갱신 작업은 항상 새로운 과제에 직면하게 될 것이다.

“발전소 설계에는 차이점이 있으며, 아주 똑같은 발전소는 존재하지 않는다. 바로 그것이 해결해야 할 과제이다.”라고 Bob Gill씨는 강조하였다. 예를 들면, 미국에서 2000년 3월에 가장 먼저 운영 허가 연장 승인을 받은 Baltimore Gas & Electric의 Calvert Cliffs 원전 1·2호기는 원자로 용기에 Leakoff 배관이 설치되어 있다. 이 관은 원자로 용기 플랜지 부분에 설치되어 O-ring 이 파열될 경우 냉각수를

배출시키는 조그만 배관이다. “이 배관은 거의 대부분 건조한 상태로 있는 무해한 관이지만, 이에 대해 우려하는 사람도 있었다.”고 Bob Gill씨는 말하였다.

또한 그는 “그 배관이 원자로 용기 플랜지에 있는 아주 조그만 구멍이기 때문에 누설량을 제한할 수 없다. 그리고, Oconee 발전소의 경우 그 구멍의 크기가 직경 1/2 인치에 불과하였으므로 Leakoff 배관은 우려할 문제가 아니었다.”고 강조하였다.

장래의 잘못된 의사 소통이나 오해를 방지하기 위한 핵심적인 사항은 운영 허가 갱신 과정의 모든 세부 내용 특히 전제 조건들을 정확하게 기록해 두는 것이다.

“우리 팀원들은 모든 문서들이 될 수 있는 한 기술적으로 자세하게 작성하려고 하였으며, 만약 그렇게 하지 못하면, 시간이 지남에 따라 최초의 전제 조건들을 망각할 우려가 있었다.”고 Bob Gill씨는 강조하였다. “장래에 NRC 검사원들이 특정의 경년 열화 효과를 야기시키는 어떤 자재나 환경을 가정한다면, 우리는 즉시 그러한 내용들이 최초의 운영 허가 갱신 신청서에 기록되어 있을 경우 그런 요인들에 의한 문제는 없다는 사실을 입증할 수 있다. 만약 세부 내용들이 기록되어 있지 않다면, 세월이 흐름에 따라 NRC 검사원들은 망각할 수도 있으

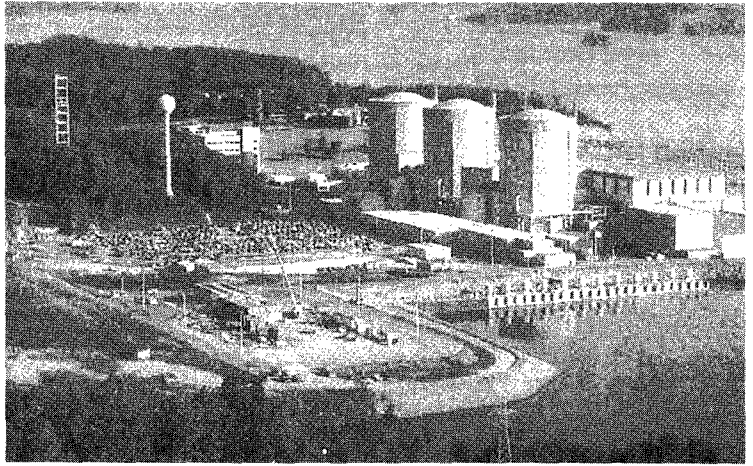
며, 훗날 다시 지적하게 될지도 모른다”고 Bob Gill씨는 강조하였다.

“세부 사항에 주의를 기울이는 것은 안내 문서(guidance documents)작성에 있어서 대단히 중요하다. 요약문들은 결국에는 문제를 불러일으키게 될지도 모른다. 이는 운영 허가 갱신 작업 팀원들이나 미래의 신청자들에게 아무런 도움도 되지 못한다. 지침은 결국 세부 내용에 담겨 있다.”

이해 증진

Bob Gill씨는 Oconee 원전의 운영 허가 갱신 작업을 통해서 NRC와 사업자 모두의 이해를 증진시켰다고 믿는다. “내가 생각하기에는 양자간에는 여전히 견해 차이가 있지만, 그들의 안내 문서에는 별 것 아닌 약간의 문제점 밖에 없다. 우리는 그런 문제점들이 제기되기 전에 해결하거나, 검토 과정에서 조치할 것이라고 천명할 것이다.”라고 강조하였다.

Nader씨는 “Catawba 원전과 McGuire 원전의 운영 허가 갱신 신청서 검토 작업은 훨씬 수월하게 진행될 것이다. 왜냐하면 NRC와 원자력 산업계가 공동으로 운영 허가 갱신 기술 기준 즉 「표준 운영 허가 연장 신청서(Standard License Renewal Application)」



Oconee 원자력발전소는 미국에서 Calvert Cliffs 원전에 이어 두 번째로 운영 허가 갱신 신청서를 제출하여 승인을 받았으며, 전체적인 개념은 에너지 서비스 공급자뿐만 아니라 규제 기관인 NRC 모두에게 완전히 새로운 것이었다.

를 개발하고 있기 때문이다”라고 말하였다. 또한 그녀는 “우리는 경년 열화 효과를 해결하고 분석하기 위해 여러 해를 소비하였으며, Oconee 원전의 운영 허가 갱신 신청서를 제출하고 준비하는 과정에서 많은 것을 습득하였다.”고 강조하였다.

Robison씨는 원전의 운영 허가 연장에 대한 산업계의 분위기가 무르익고 있다는 징후가 많다고 덧붙였다. “우리는 과정이나 절차에 의존하는 것이 아니라 지식과 경험에 의존하고 있다. 산업계의 가장 큰 자산 중의 하나는 지난 30년간 원전의 운영으로 습득한 교훈이며, 이러한 교훈들을 보다 큰 업적을 달성하기 위하여 적용시키려 한다는 것이다.”라고 언급하였다.

NRC는 여러 차례에 걸쳐서 운영 허가 갱신 신청서를 검토해 왔다. NRC는 원자력 사업자와 그 자신에

게 지침을 제공하기 위하여 그러한 경험들을 문서화하는 작업을 해 왔다. 그 결과, 「운영 허가 갱신을 위한 표준 검토 계획서(Standard Review Plan for License Renewal)」를 개발하였으며, 운영 허가 갱신 신청서 검토를 성공적으로 수행하기 위하여 Duke Energy를 비롯한 다른 사업자도 이를 활용하고 있다.

Nader씨는 “NRC와 원자력 사업자는 양측 모두 원전의 운영 허가 연장 필요성에 대하여 더욱 잘 이해하게 되었다. 모든 일은 백지 상태에서 시작하는 것과 어느 정도의 지식을 가지고 시작하는 것에는 분명한 차이가 있기 마련이다. 이것은 어떤 일을 수행함에 있어서 사전에 지식을 갖고 착수하는 것이 보다 유리한 고지에 있다는 사실을 의미한다.”고 강조하였다.