

고리 1호기 증기발생기 전열관의 2차측 응력부식균열 Part II: 손상완화 대책

황일순
서울대학교

박인규
선문대학교

황세기, 이상학, 이계용, 김봉수, 홍영완
한국전력공사

요 약

1994년 11월에 나타난 고리 1호기 증기발생기의 전열관 누설에 대한 원인 조사결과, 손상원인은 2차측 응력부식균열(ODSCC)로 밝혀졌으므로, 이에 따른 단기적인 손상완화대책으로 (1) TiO_2 와 보론산을 첨가한 틸새 세정, (2) TiO_2 를 첨가한 하이dra진 담금, (3) Na^+/Cl^- 물비 조절, (4) 용존산소 제거, (5) T_{HOT} 감소 등을 선정하였다. 이와 같은 완화대책을 적용한 경우의 ODSCC 손상진전율을 확률론적으로 분석한 결과, 증기발생기교체(1998년 예정) 이전까지 전열관 누설에 의한 운전정지 가능성은 매우 낮게 나타났다.

1. 서 론

1978년 4월에 가동을 시작한 고리 1호기 원자력발전소는 1995년 10월 현재(15 주기)까지 약 17년간 운전되고 있다. 고리 1호기 증기발생기는 웨스팅하우스 51형으로 전열관 재질은 Alloy 600 MA 이다. 지난 1994년 9월, 고리 1호기가 제 14주기 임계에 도달한 이후, 약 2개월이 경과한 1994년 10월 15일에 증기발생기의 누수가 감지되었다. 1994년 11월 8일에는 증기발생기-B의 누수가 질차서의 누설 한계치인 10 l/hr에 접근하여, 가동중지되었다. 이에 대한 전열관 손상원인 분석 결과, 전열관손상기구는 2차측 응력부식균열(ODSCC: Outer Diameter Stress Corrosion Cracking)로 밝혀졌다[1]. 고리 1호기 증기발생기 교체가 1998년으로 확정되어 있으므로[2], 본 전열관 손상완화 대책은 향후 약 3년간의 증기발생기 수명관리를 목표로 하여, 증기발생기 이외의 2차계통의 손상(예: 터어빈 균열 및 배관의 침식/부식 등)을 악화시키지 않도록 주의를 기울이는 것이 요구된다. 한편, 인출전열관의 단면관찰에서 원주균열이 관찰되지 않았고, 고온부 전열관에 대한 Bobbin 와전류 탐상(ECT: Eddy Current Test)를 100% 수행한 결과에 따라 결함 전열관에 대한 관재생 또는 관막음 보수를 수행하였다. 그러므로 향후 잔류균열의 급속한 성장을 억제할 수 있다면 안전성 문제는 발생하지 않을 것으로 판단된다. 따라서 균열의 성장속도 억제시키는 방안에 초점을 맞추어 손상완화 대책을 수립하였다.

2. ODSCC 손상완화법

2.1 틸새 세척

전열관 손상원인 분석 결과[1]에 따르면, ODSCC 발생부위는 경성 슬러지 상단의 끝단 틸새부위이며[참고문헌 (1)의 그림 6 참조], 틸새에서의 Na^+ 농축으로 나타났다. Na^+ 는 출력감발시 일부 방출되었으나 틸새가 치밀하여 상당량이 잔류하고 있다고 추정된다. 인출 전열관 표면의 리트머스 시험지 실험결과[1]도 이를 뒷받침한다. 그러므로 이미 생성된 미세균열 속에서도 유사한 현상이 일어날 수 있으므로, 기동전에 약산을 사용하여

Na⁺를 중화하거나 세척할 필요가 있다. 한편 ODSCC 완화제인 TiO₂의 사용 방법은 최근 미국의 Lumsden에 의해 개발되어[3], 실험실 효과가 확인되었으며, 1993년 6월 및 8월에 미국 Prairie Island 1호기 및 Point Beach 2호기에 각각 적용되었다. 틸새세정시 TiO₂의 적용은 관관상부에 균열이 집중된 경우에 매우 적합하지만 아직 적용사례는 없는 실정이다.

2.2 물비 조절

운전중의 전열관 외부표면 틸새 및 균열 내부의 염기도 증가를 막기 위하여 증기발생기 2차측 내부 수질을 조절하는 것이 바람직하다. 틸새 염기도를 결정하는 불순물, 즉 Na⁺와 Cl⁻ 사이의 휘발성이 다르므로 비등환경에서 Na⁺ 등의 양이온이 편향적으로 농축되는 현상을 고려하여 조절하여야 한다. 최근 이분야의 기술이 많은 진전을 보여 미국의 9개 발전소 및 일본의 많은 발전소에서 이 방법을 채택하였다. 고리 1호기에서는 복수탈염기가 노후화되어 기동시 및 운전초기에 Na⁺의 유입이 증가하여, [Na⁺]/[Cl⁻] 물비가 높아 운전 중 고 염기도의 형성을 피할 수 없다. 이 현상은 잠복 불순물 방출실험 결과에서도 명백히 나타나고 있으므로 물비의 조절로 틸새 염기도의 증가를 막는 것이 필요하다고 판단된다. 그림 1은 출력이 0으로 감소한 후, 틸새 물비에 해당하는, 초기 Prompt Hideout Return(HOR)시의 [Na⁺]/[Cl⁻] 물비와 정상운전시 방출수(blowdown) 물비 사이의 관계를 나타낸다. 틸새 물비는 방출수 물비에 비해 약 2-3 배 높게 나타나므로, 틸새 물비를 1.0(중성)으로 유지하기 위해서는 방출수의 물비를 약 0.3-0.5로 조절하여야 한다. 그러나 물비가 0.3 이하로 감소하면 산성화가 될 수 있다. 미국의 물비 목표치는 약 0.3이며, 일본의 경우에는 약 0.7이다.

2.3. 붕산 주입

해외의 발전소 운전 경험에 의하면, 붕산을 약 5-10 ppm(방출수 기준)을 주입하면 ODSCC의 성장속도가 완화된다. 대부분의 일본 PWR에서는 붕산을 주입하고 있다. 또한 붕산을 주입하는 발전소에서는 급격한 ODSCC의 발생이 보고되지 않고 있다. 붕산의 ODSCC 억제 효과는 틸새 중화작용에 의한 것으로 알려져 있지만, 정확한 이론은 아직 없다. 한편, 붕산을 주입할 경우에는 증기 응축수의 산화 및 관련 배관의 침식/부식 손상이 촉진될 가능성이 있다.

2.4 하이dra진 담금 및 용존산소제거

증기발생기 전열관 표면에서 채취된 슬러지의 주성분은 구리로 밝혀졌다[1]. 이와 같은 전열관 표면구리가 증기발생기 보수 기간 중이나 기동시 산소 분위기에 노출되면, 산화되어 Cu₂O 및 CuO로 변환되어, 산화전위를 높이는 역할을 하게 된다[4]. 인출전열관의 균열내부 및 전열관표면에 다량의 금속성 구리와 Fe₃O₄가 관찰되었으므로, 기동전에 하이dra진으로 활성화 시킨후 기동중 및 정상운전시 환원성 분위기를 유지하는 것이 필요하다.

2.5 고온부 온도저하법

해외의 유사한 ODSCC 손상으로 인한 운전정지 사례에 의하면, 출력을 약 80 %로 감발운전하였을 경우에는 추후의 보수정지가 발생하지 않았으나, 100% 출력을 유지할 경우에는 몇개월 마다 보수 정지가 반복되었다. 즉 출력감발에 따른 고온부 온도(T_{HOT})의 감소로 ODSCC 손상이 감소되었음을 나타낸다. 또한 T_{HOT} 저하책으로 1차측 응력부식균열(PWSCC: Primary Stress Corrosion Cracking)에 의한 전열관손상을 방지할 수 있음은 널리 알려져 있다[5].

2.6 기타 완화책

예방 관재생

이미 취약해진 관관상부 슬러지 부위의 전열관이 지속적으로 높은 손상 진전율을 보일 가능성에 대비한 완화책이다. 1차측 및 2차측 응력부식균열은 주로 Banana Zone의 전열관에서 발생하므로, 이 지역의 전열관을 모두 관재생하는 것도 바람직하다. 그러나 이에 대한 결정은 다음 정기검사시(1996년 1월)에 전열관에 대한 ECT 검사를 정밀하게 수행한 후에 수행 여부를 결정하는 것이 바람직하다고 판단된다.

화학세정

경성 슬러지 상부 구리 피막에 틈새분위기를 개선하는 방법이다. 1990년에 실시한 화학세정으로 구리피막은 모두 제거되었다고 보고되고 있으므로, 현재 관찰되고 있는 잔류구리의 원천은 경성 슬러지나 상부의 세정되지 않은 부분에 남아있던 구리가 용해 강하여 전열관표면에 침착되었다고 볼 수 있다. 이러한 잔류구리는 화학세정으로 제거할 수 있을 것이다. 그러나 지난 화학세정 후에도 경성슬러지는 그대로 잔존하며, 세정후 다시 침착된 구리의 산화경향이 높은 점을 감안하여 화학세정 방법은 충분한 타당성이 결여되어 있다고 사료된다.

랜싱

일반적인 Hydro-lancing 뿐만 아니라 틈새 세척을 겨냥한 Cecil-lancing 방법도 문제가 되는 관상 상부 경성슬러지 상단의 치밀한 틈새 분위기를 개선하기에는 충분하지 않다고 사료된다.

3. 고리 1호기 적용 손상완화법

전열관 손상원인 분석결과[1]에 나타난 바와 같이 최근의 고리 1호기 증기발생기 전열관의 ODSCC는 고염기도와 고산화전위에 의하여 유발되었으므로, 이 두가지 요인을 제거하는 데 중점을 두었다. 또한 고온부 온도저하법의 적용가능성도 분석하였다.

3.1 고염기도 완화법

틈새세정

틈새세정 절차는 고리 제 1화학부에서 수립한 기존의 틈새세정 절차를 토대로 하였으며, 약 30 ppm 농도의 150℃ 붕산수를 사용하며 약 2일간이 소요된다. 염기성 분위기의 ODSCC에 대한 새로운 완화제로 TiO_2 를 사용하였다. TiO_2 는 지난 3년간 미국 EPRI가 주도하여 개발하였으며, 가압수 환경 및 비등수 환경에서 실험을 수행하였으며, 이에 대한 결과는 다음과 같다.

- (1) 용해된 TiO_2 는 고온 가압수 환경에서 Ni와 반응하여 $NiTiO_2$ 피막을 형성하므로써 균열의 성장을 억제한다.
- (2) Model Boiler 실험결과, 비등조건하에서는 TiO_2 의 효능이 나타나지 않으며, 이는 비등에 의해 $NiTiO_2$ 반응이 억제되기 때문으로 해석된다.

그러므로 150℃의 가압수 환경에서 실시되는 틈새세정액에 약 100ppm TiO_2 를 첨가하여 ODSCC 억제효과를 꾀하는 것이 바람직하다고 사료된다. TiO_2 의 부작용으로는 과량을 사용할 경우, 피막의 형성을 초래하여 열전달을 저하시킬 가능성이 있다. 약 100 ppm의 TiO_2 를 첨가하여, 전량이 반응을 일으킨다고 가정하면(증기발생기 관판상부 60 cm) 약 15 μm 의 피막이 형성된다고 볼 수 있다. 그러나 TiO_2 의 실제 용해도는 약 10 ppb 정도이므로, 이에 따른 피막형성은 기존의 슬러지 효과 등에 비하면 무시할 만하다.

몰비조절

그림 1에서 원으로 표시된 데이터는 1991년에서 1994년까지 실시한 고리 1호기의 Prompt HOR과 HOR 시험 직전 한달 평균 방출수의 관계를 나타낸다. 고리 1호기의 경우 농축비 m 은 5로써, 이에 따른 방출수의 적정 몰비는 0.20이다. 한편 고리 1호기 방출수의 농도가 1 ppb이하로 떨어진 최근 자료에 상황적 오차가 있다고 가정하면, Na^+ 및 Cl^- 의 측정오차는 약 1 ppb로 볼 수 있다. 그러므로 몰비 목표치는 0.5 ± 0.1 로 설정한다. $[Na^+]/[Cl^-]$ 몰비는 방출수 목표치 0.5를 기준으로 하여 NH_4Cl 을 주입하여 조절하는 미국 방식을 채택하였다. 한편 일본은 복수탈염기 수지를 염산으로 재생하면서 Cl^- 의 누출량을 조절하는 보다 유리한 방식을 사용하고 있다. 고리 1호기에 일본식 방법을 적용할 경우에는 큰 설비개선이 요구되므로, 미국식 방법을 채택하는 것이 바람직하다. Na^+ 의 농도가 높을 경우에는 다량의 Cl^- 을 주입하여야 하므로, 이는 2차측 수질관리의 ALARA(As Low As Reasonably Achievable) 원칙에 위배된다. 따라서 Na^+ 유입의 근원인 복수탈염기의 가동을 억제하므로써 Cl^- 의 주입량을 최소화 할 수 있다. 복수탈염기는 복수기 누설이 심한 경우에 필요한 설비이므로, 복수기의 누설 문제를 해결한 많은 해외 발전소에서는 이의 가동을 억제하고 있으며, EPRI의 2차측 수질 기준[6]을 충족시키는 데에 큰 어려움을 겪고 있지 않다. 그러므로 고리 1호기에서도 기동시 등 필요한 경우를 제외하고

는 복수탈염기를 가동하지 않는 것이 바람직하다. 또한 일시적이지만, 습분등반을 및 유량 측정을 위하여 Na^{24} 및 Li^6 등을 수십 ppb 농도로 주입하고 있다. 염기도 상승의 억제가 중요하므로 원자로 정지직전에 수행하여 방출되도록 유도하는 것이 요구된다.

NH₄Cl 주입방법

물비의 목표치를 달성하기 위한 NH₄Cl 주입량은 {목표 [Cl⁻] 농도 x 초기의 농도차이 x 방출수 유량}으로 산출한다. 이 산출방법은 증발을 무시하였으므로 실측치를 토대로 하여 점차적으로 주입한다. 또한 급격한 농도증가를 방지하기 위하여 주입펌프의 용량을 제한하는 것이 바람직하다. EPRI 2차 수질관리 절차에 의하면[6], Cl⁻의 농도는 20 ppb 까지 허용된다. 그러나 고리 1호기의 경우에는 전열관의 침식손상을 악화할 우려가 있으므로 5 ppb 이내로 제한하여(약 2 ppb) 최소화할 것을 권장한다[7].

붕산주입

운전중 붕산 주입에 따른 고리 1호기 증기발생기 전열관의 손상완화 효과를 확률론적으로 분석한 결과를 표 1에 나타내었다. 증기 응축수의 산화 및 관련 배관의 침식/부식 손상이 촉진될 가능성을 방지하기 위하여 암모니아 대신에 모폴린을 사용하는 방법이 있으나 고리 1호기에 적용하기 위해서는 상세 검토가 필요하다. 현재의 고리 1호기 수처리 경험에 의하면, 1차측에서 유입된 1ppm 이하의 붕산이 2차측 수질관리에 문제를 야기시키지 않는 것으로 나타났다. 그러므로 2차측 수질관리에 문제를 야기하지 않는 범위 내에서 1 ppm 까지의 붕산농도가 적합하다. 그러나 물비의 효율적 조절을 위해 복수탈염기의 사용을 억제하여야 하므로 실제 적용에는 문제가 있다고 판단된다.

3.2 부식전위 저하법

하이드라진 담금

하이드라진으로 환원 담금을 하기 위해서는 150 ppm 농도로 150℃에서 실시한다. 노출된 구리 산화물 시편과 Ni 전극을 사용한 고온 실험(그림 2)을 통하여 약 2시간 이내에 환원이 완료되는 것으로 나타났다. 관관상부의 전열관 틈새 및 균열내부에서 완전한 환원반응이 일어나는 데에는 보다 긴 시간이 요구되므로 담금은 약 2일간 실시하는 것이 바람직하다. 따라서 일차 담금을 60 cm 수위까지 1일간 150℃에서 수행하고, 이 때 100 ppm의 TiO₂를 재주입하여 ODSCC 억제효과를 강화한다. 배수위 이차 담금을 만수위에서 1일간 150℃에서 실시한다.

용존산소 제거

하이드라진 담금처리로 환원된 구리의 재산화(Cu₂O 및 CuO)를 억제하기 위하여 기동시 보충수의 용존산소를 20 ppb 이하로 제한하는 것이 바람직하다. 약 100 ppb의 용존산소 분위기에서 Cu₂O의 형성이 활발하며, 약 50 ppb에서도 부분 산화가 가능하다. 그러므로 보수적인 측면에서 20 ppb를 권고한다. 운전중 충수의 용존산소는 1 ppb 수준으로 유지하고 환원성 분위기를 확보하기 위하여 하이드라진을 최대 주입할 것이 요구된다. 기동 증기발생기의 분위기에서 측정된 부식전위는 하이드라진의 농도를 70 ppb 이상을 유지하는 것이 바람직하다는 것을 나타내고 있다. 용존산소 이외에도 산화력이 높은 금속 원소(Cu, Pb 등)의 유입을 감시하는 것이 요구된다. 이러한 원소들은 충수에 함유된 농도가 낮아 측정에 어려움이 있으므로, resin 등으로 농축하여 측정하는 방법을 고려할 필요가 있다.

3.3 고온부 온도저하법

표 1은 해외 발전소 경험을 토대로 고리 1호기의 ODSCC 진전 속도에 대한 확률론적 예측 결과를 나타낸다. Weibull 함수법을 적용하였으며, 물비조절과 기동중 보충수의 용존산소를 100 ppb 이하로 유지하며 하이드라진을 사용하는 발전소의 경험을 토대로 작성하였다. 단 TiO₂ 효과는 고려되어 있지 않다. 붕산수를 주입하지 않는 현재의 고리 1호기 경우에 대한 최대 손상예측치의 Upperbound는 14 주기 말까지 100% 출력시 252개의 추가 전열관 손상이 예측된다. 이 값은 지난 1994년 11월에 보수한 총 결함전열관 수인 289개에 근접하며, 예상누설율도 유사할 것으로 예상된다. 그러므로 이에 대한 대책이 필요하다. 또한 출력 85%운전(고온부 온도 약 5℃ 감소)에 따른 전열관손상 예측 결과에 따르면, 제 14 주기 말까지 129개의 추가 전열관손상이 예측되며, 누설율은 지난 11월의 1/2 이하로 감소할 것으로 예상된다. 그러므로 전열관손상에 의한 보수정지를 방지하기

위해서는 출력을 약 85%로 감소시키는 것이 바람직한 것으로 사료된다. 한편 PWSCC 손상은 결함발생 증가 추이가 완만하지만 [PWSCC 결함발생 전열관수: 90 년(50개), 92 년(68개), 93 년(67개), 94 년(96개)], 고온부 온도 저하에 따른 PWSCC 손상저하를 부수적으로 기대할 수 있다. 실험실의 가압수 환경에서는 ODSCC가 화학조건에 민감하여, 온도에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 그러나 실제 발전소 환경에서는 온도 강하로 비등의 강도가 강하되므로써 틈새화학조건을 개선하는 것으로 나타났다.

4. 결론

지난 14주기의 고리 1호기 증기발생기 전열관 누설은 고염기도 및 고산화전위에 의해 유발되었으므로, 이 두가지 요인을 제거함으로써 전열관 누설을 방지할 수 있을 것이다. 고리 1호기 증기발생기 전열관의 ODSCC 손상 완화대책으로 TiO_2 와 보론산을 첨가한 틈새세척 및 Na^+/Cl^- 몰비 조절 등의 고염기도 완화법과 TiO_2 를 첨가한 하이dra진 담금 및 용존산소 제거 등의 부식전위 완화법을 적용하였다(TiO_2 를 첨가한 틈새세정 및 하이dra진 담금처리는 세계 최초로 고리 1호기에 실용화 하였음). 이러한 완화대책은 기동전 및 정상운전중에 병행 적용하는 것이 바람직하지만, 현장 설비운용을 고려하여 기동중 조치로는 몰비조절 및 용존산소제거만을 적용하였다. 또한 출력저하(약 85%)를 통한 T_{HOT} 감소로 ODSCC 및 PWSCC에 따른 손상을 완화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구를 위하여 적극적으로 도와 주신 고리 제 1화학부 강훈 과장, 전력연구원 한신원 과장, 한국원자력연구소 최병식 연구원, 한양대학교 이재기 교수, 한국과학기술원 성풍현 교수 및 Degussa-Korea의 Isslinger 사장께 감사드립니다.

참고문헌

1. 박인규, 황일순 등 “고리 1호기 증기발생기 전열관 손상원인분석” 원자력학회 ‘95 추계 학술발표회 논문집 (1995)
2. 한국전력공사, 한국전력기술주식회사, “고리 1호기 증기발생기 교체 타당성 검토 용역, 제 1단계: 증기발생기 교체 필요성 및 최적 교체시기 결정” (1993)
3. J.B. Lumsden, “Mechanism of SCC of Alloy 600 in Caustic Solutions with Dissolved Hydrogen”, presented at Alloy 600 Expert Meeting, Airlie, VA U.S.A. (1993)
4. A. Kishida, et al., “The Causes and Remedial Measures of Steam Generator Tube Intergranular Attack in Japanese PWR”, Proc. Conf. Env. Deg. Mater. in Nuclear Power Systems - Water Reactors, pp. 465-471 (1987)
5. 박인규, “증기발생기 튜브의 1차수 응력부식균열 손상과 관막을 기준 평가”, 전력기술 제 3권 제 3집, pp. 59-66 (1992)
6. EPRI, “PWR Secondary Water Chemistry Guidelines - Revision 3”, EPRI TR-102134 (1993)
7. Private Communication with Dr. A. Baum in Westinghouse (1995)

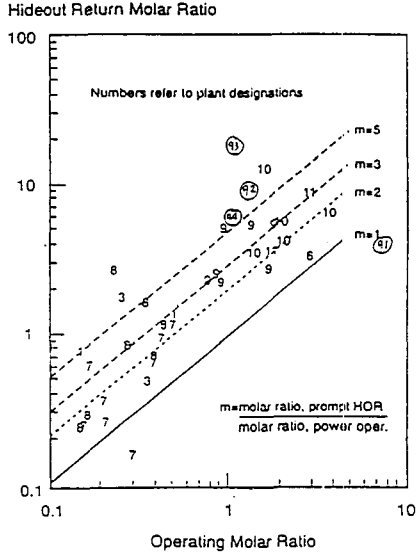


그림 1. 틈새 물비와 취출수 물비 사이의 상관관계

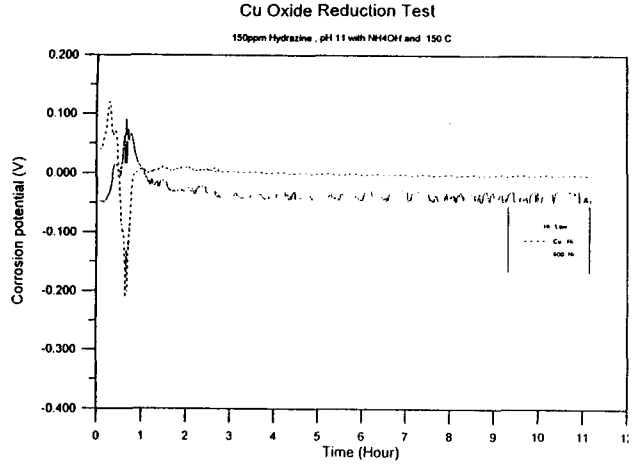


그림 2. 구리 산화물 환원 실험 결과 (150 ppm Hydrazine, pH=11, 150°C)

표 1. 고리 1호기 출력 감발효과 예측(100% vs 85%)

KORI 1 - BOTH SGs - PREDICTED HL SLUDGE PILE IGA/SCC REPAIRS - ASSUMING NO POWER OR 7hot REDUCTION

Outage	Estimated EFPYs (note 1)	Best Estimate with Boric Acid (note 2, 3)		Best Estimate without Boric Acid (note 2, 3)		Upper Bound with Boric Acid (note 2, 3)		Upper Bound without Boric Acid (note 2, 3)		Lower Bound with Boric Acid (note 2, 3)		Lower Bound without Boric Acid (note 2, 3)	
		Cumulative Percent (note 4)	Incremental Tubes	Cumulative Percent (note 4)	Incremental Tubes	Cumulative Percent (note 4)	Incremental Tubes	Cumulative Percent (note 4)	Incremental Tubes	Cumulative Percent (note 4)	Incremental Tubes	Cumulative Percent (note 4)	Incremental Tubes
Leaker ISI	11.76 (actual)	4.69%	289 cum.	4.69%	289 cum.	4.69%	289 cum.	4.69%	289 cum.	4.69%	289 cum.	4.69%	289 cum.
EOC 14	12.65	5.79%	71	7.09%	155	7.30%	168	8.60%	252	4.88%	12	5.64%	62
EOC 15	13.69	7.25%	84	10.98%	251	11.65%	281	16.20%	490	5.08%	13	6.88%	80

KORI 1 - BOTH SGs - PREDICTED HL SLUDGE PILE IGA/SCC REPAIRS - ASSUMING 85% POWER AND CONSTANT CYCLE LENGTHS IN CALENDAR YEARS UNTIL SG REPLACEMENT

Outage	Estimated EFPYs (note 1, 5)	Best Estimate with Boric Acid (note 2, 3)		Best Estimate without Boric Acid (note 2, 3)		Upper Bound with Boric Acid (note 2, 3)		Upper Bound without Boric Acid (note 2, 3)		Lower Bound with Boric Acid (note 2, 3)		Lower Bound without Boric Acid (note 2, 3)	
		Cumulative Percent (note 4)	Incremental Tubes	Cumulative Percent (note 4)	Incremental Tubes	Cumulative Percent (note 4)	Incremental Tubes	Cumulative Percent (note 4)	Incremental Tubes	Cumulative Percent (note 4)	Incremental Tubes	Cumulative Percent (note 4)	Incremental Tubes
Leaker ISI	11.76 (actual)	4.69%	289 cum.	4.69%	289 cum.	4.69%	289 cum.	4.69%	289 cum.	4.69%	289 cum.	4.69%	289 cum.
EOC 14	12.52	5.30%	40	5.97%	83	6.08%	89	6.69%	129	4.80%	7	5.23%	35
EOC 15	13.54	6.20%	58	8.11%	138	8.43%	152	10.46%	243	4.94%	9	6.00%	50