연료전지 발전설비의 방화기준

연료전지란 기계의 회전 또는 연소의 과정을 거치지 않고 화학에너지를 전기에너지로 변환시키는 전자화학적 장치이다. 이 글에서는 연료전지 발전설비와 관련하여 1990년대 후반부터 본격적으로 검토되고 있는 ANSI, NFPA 등의 방화기준을 그 개발과정과 함께 소개한다.

연료전지는 일반적으로 새로운 기술인 것처럼 생각하지만, 1839년에 윌리엄 그로브가 최초로 수소와 산소를 화학 반응시켜 전기를 만드는 이론을 생각해 냈다. NASA는, 1960년대 이후 아폴로 우주선 및 우주왕복선의 임무 수행 중에 승무원에게 전기와 물을 공급하기 위하여 연료전지를 사용하고 있다. 최근에는 차, 버스, 선박, 잠수함 외에 오피스빌딩, 병원, 폐수처리시설 및 공항에도 계속적으로 안정된 전력을 공급하고 있다. 그리고 머지않아 미니 연료전지가 컴퓨터, 휴대전화 등의 전자기기의 전원으로써 사용될 것으로 예상된다.

그렇다면, 연료전지란 도대체 무엇인가? 연료전지란 기계의 회전 또는 연소의 과정을 거치지 않고 화학에너지를 전기에너지로 변환시키는 전자화학적 장치이다. 간단하게 말하면, 연료전지는 직류를 발생시키는 전지와 같은 것이다.

그러나, 전지는 전기가 소모되면 충전하지 않으면 안되는 반응물질이 들어 있지만, 연료전지는 반응물질을 공급하기만 하면 제한 없이 작동한다.

연료전지의 이점은, 실질적으로 환경오염 물질이 발생되지 않으며, 소음이 적고, 신뢰성이 높은 양질의 전기를 발생시켜 빌딩이나 공장을 위한 폐열을 확보할 수 있는 것이다. 수소는 반응성이 높고, 연료의 처리를 필요로 하지 않으며 고가인 촉매가 필요하지 않으므로 최고의 연료이다. 천연가스, 메탄가스, 가솔린, 생물가스 등의 수소를 포함한 탄화수소계의 연료도 사용할 수 있지만, 이들은 보통 연료전지장치 중에 전기분해 하기 전에 수소로 변환시켜야만 한다. 이들 가스는 연료전지의 내부 또는 연료전지에 넣기 전에 외부에서 변환시킬 수 있다. 반응에 의해 생성되는 것은 열, 물 및 증기, 그리고 물론 전기이다.

완전한 연료전지는 연료처리 2차 장치, 발전 2차 장치 및 전기조절 2차 장치로 이루어진다. 연료처리 2차 장치(변환 장치)는 탄화수소계 연료로부터 수소를 많이 포함한 가스를 추출하여 이산화탄소 및 미량의 일산화탄소와 유황을 방출한다. 연료전지는 1개당 0.5~1V의 직류전기 밖에 발생되지 않으므로 통상 다수의 연료전지를 접속하여 강력하고 유용한 전기를 발

생시킨다. 이러한 연료전지의 접속장치는 연료전지 발전장치 중 2차 발전장치의 중요한 구성요소이다. 연료전지는 직류전기를 발생시키므로 이것을 교류로 변환시키지 않으면 안 된다. 그 때문에 전기조절 2차 장치에는 인버터(변환기)가 포함되어 있다. 따라서, 완전한 연료전지 발전시스템은(외부에서 직접 수소를 공급하지 않는 한) 연료처리장치, 연료전지Stack(더미) 및 전기조절장치로 이루어진다.

최근에는 기술적 진보에 의해 인산 연료전지가 개발되어, 시장에 유통되고 있다. 과거 2년간 폴리머(중합체)전해액 피막 및 용융탄산염 연료전지가 급속하게 진보해 왔다. 현재 이들 2종 연료전지는 구입은 가능하지만 완전하게 상업화되기까지는 2년 후 정도가 될 것으로 예상된다.

1. 규정과 기준의 제정 움직임

고정연료전지 발전설비의 개발과 함께 이것을 빌딩에 설치하여 다른 설비와 통합시키기 위한 규정(각 관계 기관이 자발적으로 준수하고 있는 규칙으로 법적인 규제력은 없음)과 기준 및 공장용으로서의 설계와 설치에 관한 기준의 필요성이 생겨났다. 처음에는 이들 노력은 기기의 기준에 초점이 맞춰졌지만 점차 설치기준, 성능의 증명 및 연료전지 기술을 시기에 적합하게 통일적 승인을 촉진하는 것을 목적으로 한 활동도 포함하게 되었다.

미국 에너지부 산하 건축기술기획부는 1997년 이후 매년 연료전지 규정과 기준에 관한 전국연차최고수뇌부회의를 개최하고 있다. 이 회의는 연료전지산업, 연료전지의 사용자, 전기 · 가스 · 수도사업, 보험회사 및 건축규제기관이 관계되는 규정과 기준을 확인하여 각각의 발전을 조정하는 온상으로서 도움이 되고 있다. 연료전지만에 관한 규정과 기준은 각종 단체에 의해 개별적으로 정해져 공표 되어 왔지만, 현재 이것들은 상기의 수뇌부 회의에 의해 조정이 되고 있다.

기기에 관한 기준의 제정작업은 고정연료전지 발전설비 기술의 개발과 함께 1980년대에 시작되었다. 연료전지 발전설비의 개발 초기에는 사람들의 건강과 인명안전의 가치가 적절하게 충족되는 것을 확인하기 위하여 규정과 기준을 검토했었다.

그 결과, 1990년에 미국가스협회 연구소(AGAL)가 고정연료전지 발전설비의 기기에 관한 최초의 기준을 제정하게 되었다. 동 연구소는 이 기준을 사용하여 국제연료전지회사의 자회사가 제조한 200kW의 연료전지 발전설비를 검정하여 형식승인 하였다. 그후, 1990년대 중반에 고정연료전지 발전설비의 기준을 제정하기 위하여 미국표준협회(ANSI) Z21위원회의 작업부회가 구성되었고 캐나다표준협회와 협의하여 미국 · 캐나다 합동기준을 만들어 1998년에 ANSI Z21 · 83-198/CSA12 · 10「연료전지발전설비」를 발표했다. 동 기준은 영하 29℃ 이하에서 작동하는 최고출력 교류 600V, 전력 1MW의 천연가스 또는 LPG를 사용하는 패키지 자급식 종합연료전지 발전설비 시스템에 적용된다. 동 기준의 구조에 관해서는 자동점화장치 및 가스, 공기제어장치와 함께 재료, 구조와 구성의 전반, 밀폐개소와 관련구조, Heater와 용기, 배관 시스템, 배수, 환기 및 환기 · 배기 장치에 대하여 규정하고 있다. 또, 방염, 연료가스의 제어와 기기, 공기와 액체의 취급, 이동 기기, 전기 기기와 배선, 유지관리직원의 방호, 안전회로의 분석, 취급방법 및 표시(Marking)에 대해서도 규정하고 있다.

2. 설치기준

고정연료전지 발전설비가 점차 설치되어 감에 따라 규정 작성자들은 동 설비를 빌딩에 설치함과 동시에 다른 빌딩설비와 통합해야만 한다는 것을 알게 되었다. 그러나, 그러한 기준이 없었기 때문에 건축법령 시행기관은 연료전지 발전설비에 관한 규정이 없는, 동 설비 개발 이전의 법례를 적용하였다.

1996년에 NFPA는 고정연료전지 발전설비의 설치기준 제정 요청을 받아들여 NFPA 853 『고정연료전지 발전설비의 설치기준』안을 제정하였고, 이 기준은 2000년 5월 정식으로 공표되었다. 동 기준은 이후 연료전지의 신기술이 개발되는 것에 따라 개정되었다. NFPA 853의 적용범위에 대해서는, "이 기준은 단일 자급식 발전설비, 복합 자급식 발전설비, 현지에서 구성된 복수의 부분으로 이루어진 발전설비, 공장에서 생산되어 현지에서 건설된 연료전지를 사용하는 발전시설을 포함한 50kW 이상의 대규모 연료전지 발전설비의 설계, 건설 및 설치에 적용되는 것으로 한다"라고 하고 있다. NFPA 853이 제정되기까지는 연료전지에 관한 설치기준이 없었기 때문에 연료전지를 설치하는 것은 대단히 곤란했었다. 건설국은 연료전지에 대하여 모든 다른 기술과 똑같이 지극히 신중히 대응해왔다. 그리고 관할당국, 전력회사, 제조자, 소유자 등의 사이에서 상세한 검토와 교섭이 이루어진 결과 간신히 몇 개의 연료전지가 설치되었다.

그러나, 현재에는 NFPA 853이 있기 때문에 관할기관, 소유자, 제조자 및 설치업자는 고정연료전지 발전설비를 안전하게 설치하기 위한 공통의 기준을 가지게 되었다. 다음의 논리적 단계로서는 NFPA 853을 『통일기계규정(UMC)』, 『국제기계규정(IMC)』, 제조자의 설치방법 설명서 등을 참고로 하여 도입하는 것이다. NFPA 853은 연료전지 발전설비의 설치 및 빌딩과 그 설비와의 통합에 대하여 법령시행기관, 제조자 및 설치업자가 참고할 수 있도록 만들어진 것이다. 동 기준은 병원, 대규모 오피스빌딩, 상업시설, 도시의 전력지원시설 및 50kW 이상의 전력을 사용하는 그 밖의 모든 시설을 대상으로 하고 있다. 동 기준은, 특정 연료전지의 설계라기보다는 특히 연료전지 발전설비의 구성에 대하여 정하고 있다. NFPA 853은 『자급식』, 『공업화식』 및 『현장구성식』의 3가지의 기본적 구성의 연료전지 발전설비를 대상으로 하고 있다. 자급식은 연료전지 및 관련 부분이 단일 설비로서 하나의 구획 중심에 포함시키거나, 다른 장치와 조합시켜 대규모 설비로 하는 것이다. 공업화식은 연료전지와 관계부분을 모듈로 하여 그것들 복수를 조합하여 대규모 발전설비를 구성하는 것이다. 현장구성식은 연료전지와 제조자의 다양한 구성요소를 현장에서 구성하여 만들어진다. 이 각각의 연료전지 발전설비 가운데 현장구성식은 대규모(1MW 이상)의 경향이 있고 어느 것이라도 대부분 어디에서나 간단한 설치가 가능하지만 현장구성식은 250kW 이하의 소규모의 경향이 있다. NFPA 853의 제1장과 2장은 연료전지 발전설비와 그 기기의 개요이고, 제3장은 견고한 기초, 홍수 상승한계보다 상부에 설치, 비바람으로부터의 방호 등 전반적인 설치에 관한 규정이다. 또, 옥외, 옥내 및 옥상 플랜트용 설비의 설치에 관하여 규정하고 있으며, NFPA 70 『미국전기코드(NEC)』에 따라 건물의 전기설비에 접속하는 것을 의무사항으로 규정하고 있다. 현재의 전기코드는 연료전지의 발전방법에 대해서는 명시하고 있지 않으므로

그것 자체로서의 규정은 없지만 그 출력에 대해서는 규정하고 있다. 현재 전기코드위원회에 제출되어 있는 691건에는 자급식 연료전지의 설치, 전기회로, 과전류방호, 배선, 접지, 기호 및 다른 설비와의 접속에 관한 규정이 있다. 직류 600V를 초과하는 출력의 연료전지는 전기코드 490조를 따라야 한다. NFPA 853의 제4장은 천연가스, 압축천연가스, 수소가스, 액화수소, 생물생성가스, 디젤오일, JP4, JP5, 에탄올, 나프타, 메탄올 등의 액체연료 등 다양한 연료의 접속과 방호에 대하여 규정하고 있다. 연료설비의 설계와 연료의 저장에 대해서는 별도의 규정에서 규정하고 있다.

제5장은 환기와 배기에 관한 규정이다. 옥외 연료전지는 특별한 환기장치는 필요 없지만 형식 승인된 밀폐 직접환기 · 배기장치 부착 이외의 연료전지 발전설비는 환기와 배기 장치를 부착하여야 한다.

마지막 제6장은 화재감지 · 경보설비 · 변압기의 방호, 소화전, 옥내연료전지의 소화설비와 관리기기, 바닥의 배수, 가스감지기, 화재예방과 방재계획 등에 대하여 규정하고 있다.

3. 건축기준과의 조정

주(州) 및 지방의 건축국은 연료전지 발전설비 설치의 신청을 받기 시작하면서 허가, 심사를 하기 위한 특별한 기준이 필요하였다. 연료전지는 현재의 기준에 맞춰 기술되어 있는 기기 중에서는 특이하기 때문에 대체 재료 또는 설치방법이 다른 기기와 동등하다고 하여 현재의 기준을 적용하여 승인하는 것은 부적절하다고 생각된다. 현재 국제기계기준(IMC) 2000년판 제924장에는 "출력 1,000kW 이하의 고정 연료전지 발전설비는 ANSI의 기준 Z21 · 83에 따라 검사하고 제조자의 설치방법 설명서에 따라 설치해야 한다"라고 규정하고 있다.

출력이 1MW를 초과하는 연료전지 발전설비의 설치는 국제기계기준의 제1장에 따라 승인해야 하지만 만약 신청물건이 성능 및 보건의 관점에서 동 규정에 있는 다른 기술품과 동등하다는 것을 표시하는 시험 데이터, 계산서 등의 서류를 제출하면, 대체 재료와 설치방법에 참고가 된다. 연료전지발전설비가 시험결과 ANSI의 기준 Z21 · 83을 충족시키지 못한다는 이유에서 형식 승인되지 않은 경우라도 동등하다는 것을 명시하는 문서가 있으면 동 기준을 만족시키는 것으로 할 수 있다는 규정도 있다. 이 때문에 국제기계기준은 1998년에 ANSI에 의해 기준 Z21 · 83이 승인된 때에 이것을 참조로 하여 개정되었다.

4. 미국에서의 그 밖의 기준

압력용기와 송전관을 사용하는 연료전지 발전설비는, 정기적인 검사 외에 미국기계기사협회(ASME)의 보일러와 압력용기에 관한 규정에 따라야 한다. 미국기계기사협회의 압력용기 규정이 법률로서 채택되어 있는 미국 및 캐나다의 각 주(州)에서는 압력용기는 미국기계기사협회의 규정에 따라 설계하고 제조하고 각인을 찍어야 한다. 그러나, 검사기준과 검사빈도에 대해서는 각각 다르다. 연료전지, 광전지, 분산발전 및 에너지 저장에 관계되는 기준을 만드는 전기 · 전자기사협회(IEEE)의 기준조정위원회(SCC)는 각종 계획을 책정하고 있다. 동 위원회는 기준 P1547에 특별히 분산된 고정연료전지발전설비와 전력설비와의 상호 연결규정을 명시하고 있다. 동 기준의 목적은 분산된 연료전지발전설비와 전력설비와의 연결

과 연결장치의 성능, 조작, 테스트, 안전의 배려 및 보수관리에 관한 각 규정을 통합하는 것이다. 따라서, 국제전자공학위원회(IEC)는 고정연료전지 발전설비에 관한 국제기준을 책정하는 기술위원회 TC105를 설립하였다. 그리고, 연료전지의 모듈에 관한 기준과 연료전지발전설비의 설치, 안전 및 성능에 대해 규정한 기준과 함께 연료전지에 관한 공통 정의를 내리기 위하여 TC105 내에 작업부회를 구성하였다.

5. 규정과 기준의 준수

이들 규정과 기준을 이행하기 위해서는 연료전지발전설비를 사용하려고 하는 주체는 그것이 ANSI의 기준 Z21 · 83을 준수하고 있다는 것을 명시하도록 하고 있다. 동 기준은 또 연료전지발전설비의 제조자는 그 제품을 정격 검정기관에서 시험하여 형식승인 받아야 하는 것을 의무사항으로 규정하고 있다.

또, 신청자는 규정과 기준을 이행하기 위하여 연료전지 발전설비가 제조자의 사용설명서에 따라 설치되어 있고 관계되는 규정과 설치기준을 만족시키고 있다는 것을 확실히 증명해야 한다. 만약 어떠한 이유로 제조자가 규정과 기준에 따르지 못한 경우에는 제조자 또는 신청자는 신청 물건이 문서에 기술되어 있는 다른 품목과 안전 및 성능의 면에서 동등하다는 것을 표시하여 기준을 준수하고 있다는 것을 명시해야만 한다. 연료전지의 기술은 급속하게 진보하고 있고 많은 최신기술을 현행 규정과 기준으로 충분히 적용하는 것이 가능한지 어떤지 알 수 없으므로 동등 성능을 기초로 하여 승인하는 것이 필요할 것이다. 미국감정국(NES)은 에너지부의 지원을 얻어 각 주(州) 및 지방의 건설국이 제각기 별도로 성능과 설치 등이 동등하다는 것을 증명하는 문서의 제출 없이 연료전지의 기술을 통일적으로 그리고 적시(適當)에 승인하기 위하여 고정 연료전지 발전설비의 평가규정을 마련하였다. 미국 감정국의 평가보고서는 특정 고정연료전지 발전설비의 안전과 성능 시험 및 그 결과의 평가를 제조자의 책임으로 규정하고 있다.

동 보고서는 건축에 관한 규정과 기준을 준수하고 있는 지 어떤 지를 확인하기 위하여 미국 전체의 건축규제기관이 사용하고 있는 제품의 승인을 촉진하기 위한 것으로, 시험과 형식승인을 대신하는 것은 아니다. 미국 감정국의 규정은 문제점을 명확하게 하여 주와 지방자치단체의 규제기관이 채용하여 적용하는 규정과 기준의 준수에 관한 문서를 지원하기 위한 지침으로 사용하는 것이다.

에너지부의 지도하에 개별적으로 시행되고 있는 이들 모든 활동으로 연료전지가 광범위하게 상업화 되기 시작한 그때에 건축규제의 기반이 될 수 있었다. 기준은 연료전지 기기의 안전성을 확보하기 위하여 만들어져 있는 것이기 때문에 기준을 준수하면 기기의 승인을 염려할 이유는 없다. NFPA 853은 연료전지가 빌딩의 안전한 통합설비의 일부로서의 기능이 가능하다는 것을 보증하는 것이다.

— 臂馮余仉 (2001.6)

— 발췌: 위험관리센터 대리 유성기