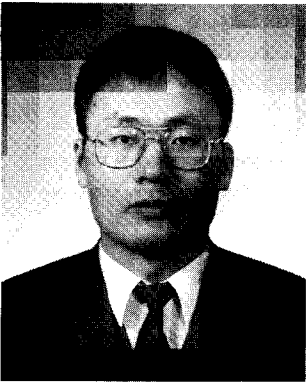


비활성 가스제너레이터를 이용한 화재 진압 기술



김 수 용 (KIMM 열유체환경연구부)

- '76 - '82 인하대학교 조선공학과(학사)
- '82 - '83 삼성중공업 조선사업부 기본설계부 사원
- '84 - '86 Florida Atlantic Univ. 해양공학석사
- '87 - '89 Texas A&M Univ. 항공공학 석사
- '90 - '92 Texas A&M Univ. 기계공학 박사
- '93 - '94 삼성데이터시스템(SDS) CIM부 선임연구원
- '94 - 현재 한국기계연구원 열유체환경부 선임연구원
유체기계기술사

1. 서 론

해마다 화재로 인한 사고로 인하여 엄청난 재산 및 인명 피해가 발생하는 것으로 집계되고 있다. 국가적으로 막대한 피해를 초래하는 화재 및 방재를 위하여 우리 나라의 행정자치부내에도 소방국이 설치되어 화재 예방 및 진압을 위한 기술 개발에 관한 연구가 이루어지고 있다. 98년 화재 통계 연보에 따르면 97년 한해에 발생한 화재의 경우 총 29,472건에서 2,915명이 사망하고 1217억원의 손실이 발생한 것으로 집계되고 있다. 국내에서 발생하는 수 많은 화재 진압을 위하여 소방차량이 5,456대, 소방 용수가 87,711개소, 소방관이 23,579명(의용 소방대 82,218명 별도)의 방대한 인력과 재원이 투입되고 있는 사실로 보아 화재로 인한 국력의 손실의 규모를 짐작할 수 있다. 국외에서도 화재로 인한 피해는 막대한 인명과 재산의 피해를 발생시키고 있으며 '98년 한해만도 대략 6,500,000화재 건수가 발생했으며 이로 인하여 약 85,000명이 생명을 잃은 것으로 알려져 있다. 화재의 발생에는 여러 가지 원인이 있으나 진압하는 측면에서 크게 물과 이산화탄소 또는 질소 가스를 사용하는 두 경우로 구분할 수 있다. 화재 진압시 질소 또는 이산화탄소의 사용은 유류 화재에 의한 경우에 해당한다. 질소나 이산화탄소를 사용하는 경우 소방수에 비하여 제조원가가 매우 비싸 대용량으로 사용하기가 어렵다는 단점이 있다. 따라서 대부분 화재에 대하여 소방수를 사

용하여 진압하고 있으며 소방수를 사용하여 효과적으로 화재를 진압하기 위한 기술개발에 많은 시간과 노력이 투입되고 있다. 그러나 기존의 소화 방식의 단점은 화재 발생 부위에 엄청난 양의 물을 분사하여 화재 진압을 기도하므로 화재가 완전히 진압되기까지 많은 시간이 경과하는 것이 보통이다. 때문에 화재가 진압된 후에도 구조물 내부의 여러시설과 장비가 파손되어 막대한 손실이 뒤따르게 된다. 비활성 가스제너레이터의 경우 화재 진압을 위하여 물보다는 전파속도가 수십~수백 배에 이를 수 있는 기체를 사용하기 때문에 화재 진압에 요구되는 시간이 대폭 감축되게 된다. 본 논고의 목적은 비활성 가스제너레이터를 사용하여 기체에 의한 화재 진압을 피함으로서 화재 진압방식을 혁신적으로 개선하고자 하는데 있다. 뿐만 아니라 비활성 가스제너레이터는 군사용으로도 매우 적절히 사용할 수 있어 상품화되는 경우 제품의 가치가 매우 클 것으로 생각되며 조사된 바로는 시장성 또한 매우 클 것으로 사료되어 개발이 완료되는 경우 시장수요에 의한 요소기술의 개발요구가 제기될 것이므로 비활성 가스제너레이터의 제작에 필요한 첨단 터보기계의 핵심 핵심부품에 대한 기술 개발이 결과적으로 수반될 것으로 예측된다. 지금껏 필요성은 인정되나 대외 경쟁력 및 기술을 개발에 소요되는 막대한 자금 부담으로 인하여 지연된 가스터빈 기술 개발이 적극적으로 이루어질 수 있는 토대가 성립될 수 있다고

본다. 그림 1에는 최근 10년간 국내의 화재 발생 건수의 추이를 보여주고 있으며 매년 연평균 10.2%씩 증가하고 있음을 볼 수 있다. 표 1은 장소별 화재 발생 상황을 보여주고 있다. 표 1에서 주목할 사항은 주택 및 아파트에서 발생하는 화재의 건수 및 인명피해가 가장 많아 건수로는 27.2%, 인명피해로는 48%를 차지하고 있다. 위의 표 1에서 산림에서의 화재는 포함되지 않고 있다. 이상과 같은 화재에 의한 피해 실적을 볼 때 매년 국가가 화재로 인하여 입는 피해는 실로 막대함을 알 수 있어 효과적으로 화재를 진압하기 위한 기술 및 장비의 개발이 시급하다고 하겠다.

표 1. 1997년 국내의 장소별 화재 발생상황

구 분	발생건수 (비 율)	인명피해 (사망/부상)	재산피해 (백만원)
계	29,472	564/1,631	121,712
주택, 아파트	8,021(27.2)	313/740	21,003
차 량	5,606(19.0)	44/78	12,002
공 장	3,663(12.4)	27/253	40,507
음식점	1,701(5.8)	40/99	6,910
점 포	1,756(6.0)	15/75	11,287
사업장	644(2.2)	9/41	2,836
창 고	809(2.7)	3/14	5,775
호텔, 여관	301(1.0)	13/63	794
학 교	174(0.6)	8/60	421
선 박	123(0.4)	14/29	1,028
시 장	45(0.2)	0/1	1,637

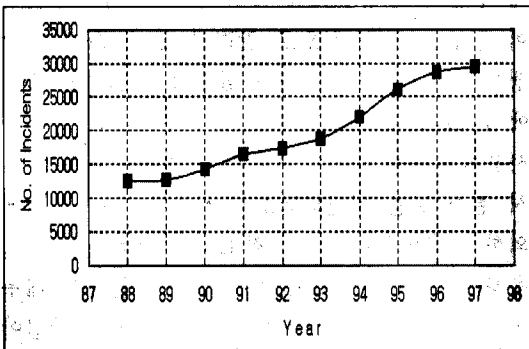


그림 1. 10년간 국내의 화재 발생추이

2. 비활성가스제너레이터란

2.1 구조

비활성가스제너레이터 (CIGG : Cold Inert Gas Generator)는 연소가 되지 않는 냉각공기 공급장치를 말한다. 대기 중의 공기 속에는 약 20%의 산소와 79%의 질소 그리고 그 밖의 기체 성분으로 구성되어 있는데 여기서 산소성분

을 낮춤으로서 더 이상 연소가 될 수 없는(비활성)기체를 만들고자 하는 것이다. 비활성 가스제너레이터는 목적에 맞게 여러 형태로 구성할 수 있으나 크게는 그림 2, 3에 보는 바와 같이 두 형태를 예로 들 수 있다. 그림 2는 비활성 가스제너레이터의 한 예를 보여주고 있다. 대기 중의 공기는 1의 가스터빈 unit을 통과함으로써 공기의 온도와 압력이 상승하게 된다. 여기서 사용되는 가스터빈 unit은 터보축사이클 가스터빈 엔진으로서 헬리콥터에 일반적으로 사용되는 가스터빈엔진이다. 1의 터보축 엔진을 통과하면서 상승된 공기의 압력과 온도는 2의 제 1 열교환 장치를 통과함으로써 약간의 압력 손실과 함께 온도의 강하가 이루어진다. 대기중의 공기는 가스터빈 unit 1을 통과하면서 그림 4에 나타난 바와 같이 터빈 입구온도와 압축비의 차이에 따라서 출구가스의 잔존 산소 함유량이 달라진다. 예를 들어 압축비 15, 터빈 입구온도 1500°K의 터보축 엔진을 사용하는 경우 엔진의 배기가스 산소 함유량은 약 14.66% 정도로서 5.34%의 공기가 소진되었다고 볼 수 있다. 이 같은 잔존 산소의 양은 물론 과급공기 지수(α : excess air coefficient)에 의해서도 큰 영향을 받기 때문에 보다 정확한 계산을 위해서는 α 의 계산이 요구된다. 대략적인 계산에 의하면 α 가 1.274인 경우

잔존 산소의 양은 약 5%, α 가 1.8 1.9인 경우 잔존 산소의 양은 11, 12%인 것으로 나타났다. 이렇게 산소가 소진된 공기는 그림 2에서와 같이 station 2의 열교환기를 거친 후 station 3의 후방연소기(Afterburner)를 거치면서 재연소를 통하여 잔존한 산소가 다시 제거된다. 이때 후방연소기 출구의 잔존 산소 함유량은 대량 5%전후가 되도록 설계한다. 공기중 산소 함유량이 5% 정도인 경우 연소가 불가능한 것으로 알려져 있어 이 기체를 화재 장소에 분사하는 경우 화재는 즉각적으로 진압될 수 있다는 판단이다. 후방연소기를 지난 기체는 같은 축으로 연결되어 있는 5의 터빈부의 구동에 의하여 흡입된 공기로 station 4의 제2의 열교환 장치를 통과하면서 열을 빼기게 되고 다시 station 5의 1단의 터빈부를 통과하면서 단열팽창이 일어나서 온도는 급강하하게 된다. station 8은 생성된 비활성 기체가 분사되는 출구이다. station 6은 터빈부 1단과 같은 축으로 연결되어 동력을 수혜받음으로서 외부의 차가운 공기를 흡입하기 위한 Fan장치이다. 1, 2차 열교환을 마친 대기 공기는 7의 닥트를 통하여 외부로 배출된다. 1 톤의 kerosene 연료를 사용하는 경우 온도가 -20°C ~ 20°C이고 부피가 15000m³인 산소함유량 5% 정도의 비활성기체를 생산할 수 있는 것으로 계산되고 있다. 여기서 1의 가스터빈 unit은 이미 성능이 증명되어 상용화되어 있는 가스터빈을 직접 투입하기 때문에 성능적으로 안정화되어 있고 열교환 장치도 지난 80년대 이후 오일 쇼크 이후 디젤 기관에 비하여 상대적으로 열악했던 가스터빈 사이클의 효율 향상을 위하여 터빈 배기부의 고온에너지를 이용하여 연소기로 들어가기 전 압축기 출구의 공기를 가열함으로써 연료 공급량을 줄임으로서 열효율 향상을 기할 수 있었다. 이 같은 Regenerator 또는 Recuperator 등의 열교환기술에 대한 개발에 관한 연구는 국내에서도 관심의 대상이 되어왔고 이제 본 연구를 통하여 고유의 모델 제작을 시도할 수 있는 여건이 성숙되어

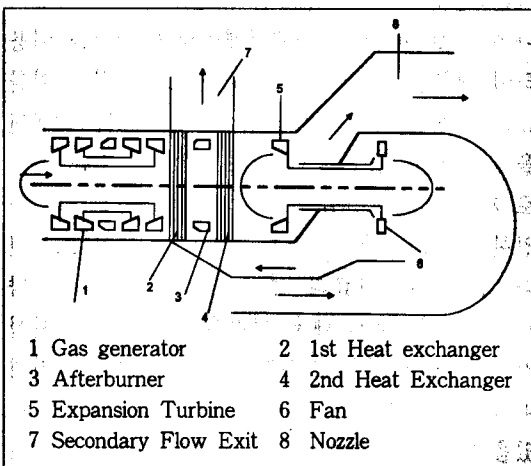


그림 2 비활성 가스제너레이터 구성 예 1

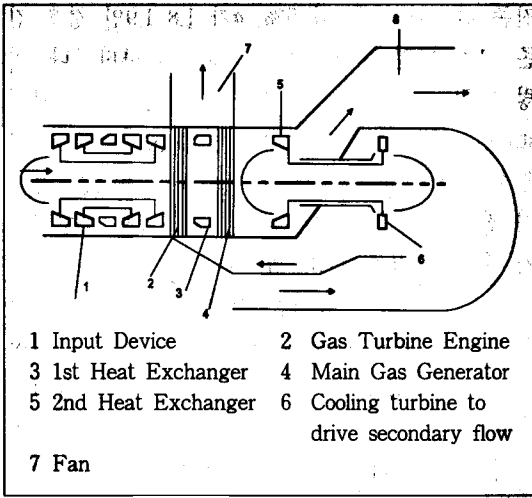


그림 3. 비활성 가스제너레이터 구성 예 2

있다고 판단된다. 그림 3 에는 약간 변형된 모습의 비활성 가스제너레이터의 모습을 보여주고 있다. 그림 3이 그림 2와 가장 크게 다른 점은 그림 3의 경우 2대의 가스터빈 엔진이 사용되고 있는데 비하여 그림 2의 경우 한 개의 가스터빈에 후방연소기가 부착된 점이다. 일반적으로 이러한 시스템 구성은 후방연소기 (Afterburner)가 있는 전폭기의 가스터빈 엔진과 흡사하다. 그림 4에는 터보젯 엔진의 경우 터빈입구온도 변화시 잔존 산소량과 압축비의와의 관계를 나타내고 있다. 그림에서 실선은 simple사이클의 잔존 산

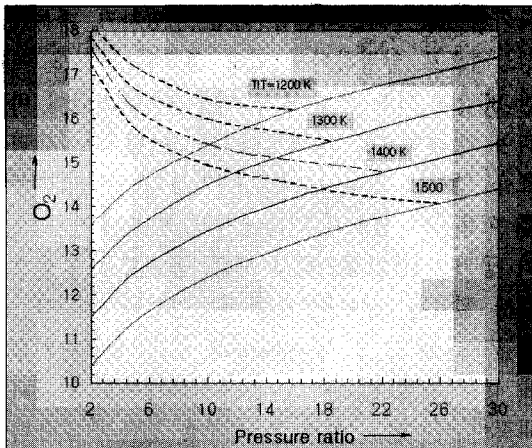


그림 4. 터보젯 엔진의 잔존산소 함유량

소 변화량을 보여주고 있으며 점선은 Regenerative Cycle의 경우 잔존 산소 변화량을 보여주고 있다. Regenerative Cycle의 경우 고온의 터빈 출구에 남아 있는 열량을 이용하여 연소기 진입이전에 압축기 출구에서의 공기와 열교환을 시킴으로서 연소에 필요한 열량을 절감할 수 있기 때문에 결과적으로 연소가 적게 일어나므로 산소 소진량도 줄어들게 된다.

2.2 사용연료 및 화재 진압 시간

비활성 가스제너레이터에 사용하는 연료는 Kerosene이나 CNG(Compressed Natural Gas) 연료를 사용한다. Kerosene 연료 사용 시 1m³의 비활성냉각기체(Cold Inert Gas)를 생산하기 위해 드는 비용은 약 0.02\$로서 매우 저렴한 편이다. 50m×25m×15m, 즉 18,750m³ 크기의 빌딩에 화재 발생시 예로서 표 2에 표시된 헬리콥터 엔진인 TV3-117를 사용하는 경우 유량이 8.1kg/sec 이므로 이때 사용 연료 유량은 0.5248g/sec 가 소모되며 따라서 총 18,750m³의 체적을 비활성 기체로 채우는 데는 1,650kg의 연료가 요구되어 1,650kg의 연료를 연소시키는데 필요한 시간, 즉 화재 진압 시간은 3.144초 즉 52분 정도가 된다. 그러나 만일 HK-8엔진(유량 50kg/sec)을 사용하는 경우 약 9분 정도만이 필요하다는 계산이 나온다. 또 비활성가스제너레이터(CIGG)를 이용하여 산불을 진압하기 위하여 10000m²의 넓이를 1m높이의 비활성기체로 뒤덮는 경우 HK-8엔진을 사용하는 경우 4.5분 정도 만 소요되는 것으로 계산되었다. 만일 AI-25엔진을 사용한다면 동일한 면적의 화재 진압시 약 10분정도가 소요된다. Kerosene연료의 경우 1ton의 가격이 약 100USD 정도로서 매우 저렴하다. 표 2는 비활성 가스제너레이터의 크기에 따른 분류이며 크기에 따라 사용 장소 및 이동 수단을 다르게 할 수 있음을 들 수 있다. 사용 가능엔진들은 현재도 군용 등으로 사용되고 있는 가스터빈 엔진들이

며 비활성 가스제너레이터 개발 시 시제품 성능 시험에 사용될 엔진들이다.

표 2. CIGG 크기에 따른 분류

유량	이동 수단	사 용 분 야	사용가능 엔진
1~2	소형 승용차 Pickup	•단위 건물 화재 •5층 이하의 빌딩 화재	TV100
8	1톤 트럭	•5층 이상 빌딩의 화재	TV3-117
20~25	2톤 트럭 헬리콥터	•5층 이상 대형빌딩화재 •산림화재 •대형유조선 화재 •유전지역화재	AI-20, AI-25
30~50	5톤 트럭 헬리콥터	•5층 이상 대형빌딩화재 •산림화재 •대형유조선 화재 •유전지역화재	NK-8, PS-90

2.3 화재 진압 방식

표 3에는 화재 진압 방식에 대한 비교가 나타나 있다. 비활성 가스제너레이터의 경우 종래의 물을 사용하는 경우에 비하여 사람이 건물 내부

표 3. CIGG 화재 진압방식의 비교

	종래의 물을 사용한 화재 진압방식	비활성 가스를 화재 진압에 사용하는 경우
안전성	인명에 안전	사람이 내부에 있을 때 사용이 불가능
화재 진압 속도	매우 느리다, 수시간~수일	10~15분
구조물내부의 시설파괴 문제	시설 및 장비의 대부분이 파괴됨	시설의 손상이 전혀 없음
소요 비용	수백~수천만원	100만원 미만
이동 가능성	이동시 많은 인원과 장비 소요	소형 자동차 한대로 이동이 가능하다
소음	작다	크다
범용성	기타 용도로 사용불가	군사작전으로도 사용이 가능
유류화재 진압	불가	가능

에 존재하는 경우 사용하기가 어렵고 사용 시 소음이 크다는 점 외에 대부분의 기준에서 유리한 것을 알 수 있다.

2.4 적용분야

비활성 가스제너레이터의 사용분야는 크게 화재진압과 군사작전용이다.

2.4.1 민간용으로 사용 시

화재진압 시 공기를 사용하는 경우는 물을 사용하는 경우에 비하여 비교가 되지 않을 정도로 대상 공간을 점유하는 속도가 빠르다. 건물에 화재가 발생한 경우 건물내부에 물 1톤을 분사하

표 4. 비활성 가스제너레이터 계산 예

$\pi_c = 1500^\circ\text{K}$, $T_4 = 1165\text{K}$, $P_4 = 0.44\text{MPa}$ $G_n = 8.5\text{kg/sec}$, $O_2 = 14.66\%$, $\alpha = 2.785$	
Parameter name	value
1 Exit total temperature, °K	258
2 Exit total pressure, MPa	0.11
3 Exit content of oxygen, %	5.0
4 Coefficient of air excess, α	1.27
5 Air mass flow rate in the second contour, kg/sec	44.6
6 Pressure in the 2nd contour, π_2	1.2
7 Temperature after ventilator, °K	306
8 Average relation value of water equivalent in each heat exchanger W_{max}/W_{min}	2.3
9 Average relation value of water equivalent in each heat exchanger W_{max}/W_{min}	1.15
10 Effectiveness of the each section, ϵ	0.8
11 Temperature of the 1st heat exchanger sections, °K	474/340
12 Temperature after afterburner, °K	1300
13 Temperature of the 2nd heat exchanger section, °K	500/344
14 Exir area, m^2	0.585
15 Flow velocity, m/sec	110
16 Flow mass to extinguish the fire, m^3/h	24000

는 경우 공간 점유 체적이 1m^3 인데 비하여 Kerosene을 비활성 가스제너레이터에 사용하여 비활성가스를 분사하는 경우 약 1톤의 Kerosene 연료를 사용 시 약 $10,000\text{m}^3$ 의 기체를 분사할 수 있다는 계산이 된다. 이러한 비활성 가스는 산소가 매우 적고 기체의 온도가 낮다는 것 뿐 환경적으로 매우 안전한 공기라는 사실이 중요하다. 표 4에는 그림 2에 나타난 형태의 비활성 가스제너레이터를 대상으로 성능해석을 수행한 계산 결과의 일부분이다. 비활성 가스제너레이터를 민간용으로 사용 시 사용분야는 매우 넓다. 표 2에 나타난 바와 같이 비활성 가스제너레이터는 크기에 따라 작고 큰 화재 진압에 광범위하게 사용될 수 있다. 민간용으로 사용시 비활성 가스제너레이터가 기존의 소방차에 의한 화재진압에 비하여 크게 유리한 점은 작게 제작($1\text{-}2\text{kg/sec}$)하는 경우 도심 곳곳에 소방차가 진입할 수 없는 지역에 화재가 발생한 경우에도 조그만 소형차에 장착하여 진입시킬 수 있다는 점이다. 또 소방차가 갈 수 없는 지역에도 헬리콥터를 이용하여 충분히 접근이 가능하다는 계산이다. 또 비활성 가스제너레이터는 현재 도시의 곳곳에 소방수 공급을 할 수 있도록 소방전으로 설치되어 있는 시설을 활용하여 비활성 가스를 송출할 수 있는 가능성에 대하여도 검토해 볼 가치가 있다고 생각한다. 만일 소방수 대신 비활성 가스로 사용하는 경우 일단 도시가스와 같은 가연성이 없기 때문에 전혀 화재의 위험성이 없고 또 만일 가스누출이 된다 하여도 산소만 없을 뿐 인체에 해롭지 않기 때문에 안전할 것으로 판단된다. 광범위한 산불의 경우 비활성 가스제너레이터의 위력은 더욱 효과적으로 발휘될 수 있다. 1998년 강원도 고성 의 산불이나 인도네시아의 산불처럼 짧게는 주에서 길게 수개월 가량 화재가 계속되는 경우 매우 효과적으로 사용되어 질 수 있을 것으로 생각한다. 화재 발생 장소에 헬리콥터에 비활성 가스제너레이터를 장착하여 산불이 발생한 지역에 광범위하게 살포함으로써

짧은 시간에 화재를 진압할 수 있다고 본다. 더우기 산림에 화재가 발생한 경우 인명을 대피시킨 후 사용하기가 쉽고 또 설사 인명이 존재한다 하여도 살포되는 기체의 온도가 낮아서 밀도가 높으므로 비활성기체는 마치 짙은 안개처럼 지면 위에 1m 정도의 깊이로 깔리기 때문에 화재 지역 내에 있는 사람이 누워있지만 앓는다면 비활성 가스제너레이터가 살포되어도 인명에는 피해가 가지 않을 수 있다고 본다. 또 살포가 완료된 후에는 자연 통풍에 의하여 시간이 지남에 따라 바람에 의하여 씻겨 없어질 것이므로 환경에 어떠한 손상도 미치지 않을 것으로 본다.

2.3.2 군용으로 사용 시

비활성 가스제너레이터는 군용으로 사용하는 경우에도 크게 효용가치가 있다고 판단된다. 첫째는 대 간첩 작전에 사용할 수 있다는 점이다. 지난 1998년 동해안 지역에 잠수함 침투사건이 있었던 상황에서 아군은 생존해 있던 소수의 무장 병력을 제압하고자 3만명 이상의 군, 경 병력을 동원하여 이들에 대한 수색작업을 수행한 일이 있는데 이때 수색 도중 무장한 적에 의하여 아군이 십수명이 희생된 사실을 보도로부터 기억하고 있다. 특수 훈련을 받은 적이 산악 지형으로 도주하여 땅 속으로 칩거하는 경우 이들을 색출하기가 쉽지 않다. 그러나 이러한 경우에도 비활성 가스제너레이터를 사용하여 투항 권유 방송 및 비활성기체를 살포할 예정임을 경고한 후 은둔 예상 지역 위에 헬리콥터로 살포하면 지면 속으로 은폐한 경우 차가운 비활성 가스 속에서 수분이상 견딜 수 없으므로 적은 자연히 투항하거나 자신을 지면 밖으로 드러낼 수 밖에 없어 작전이 용이해 질 것이다. 둘째는, 전쟁 발발 시 적과의 교전 중 후퇴가 불가피하여 퇴각하는 경우 적의 추격을 저지하는 방편으로 사용되어 질 수 있다. 비활성 가스제너레이터는 온도가 영하 $10\sim 20$ 도로서 매우 차갑기 때문에 기체의 밀도가 높아서 기체의 무게가 대기의 공기에 비하여 매

우 크다. 따라서 살포된 기체는 자연히 지면 위에 낮게 깔리게 되며 만일 대기의 풍속이 5m/sec-10m/sec이하라면 광범위하게 살포된 공기가 제거되기까지 상당한 시간(30분 정도)이 필요하게 될 것이므로 퇴각하면서 광범위한 지역에 살포하면 뒤따라오는 적 차량 및 장갑차, 탱크 등이 비활성 기체가 살포된 지역을 통과하는 동안 엔진이 모두 작동 불능 상태가 되어 적의 추격을 차단할 수 있다고 판단한다. 한국과 같이 국토가 작은 지형에서 30분 정도 적의 이동을 저지 할 수 있다는 것은 가능성은 전투 양상에 큰 영향을 미칠 수도 있을 것으로 판단한다. 셋째, 현재 구축함 잠수함 등 군용 선박 등에 화재가 발생하는 경우 자체의 소방 수단을 이용하여 화재를 진압하고 있으나 이 경우에도 비활성가스제너레이터를 사용하는 경우 매우 손쉽게 화재를 진압할 수 있다고 판단된다. 잠수함 같은 경우에는 준비된 산소 마스크를 사용하면서 내부의 화재를 진압할 수 있을 것으로도 기대된다.

2.5 비활성가스제너레이터의 상품성

비활성 가스제너레이터는 그 적용범위가 그만큼 상품성도 매우 클 것으로 판단한다. 우선 주거지역 화재 진압을 위하여 사용되는 경우만 살펴본다 하여도 '97년 화재 통계 연보에 의하면 1997년 한해 국내에서 발생한 화재는 총 발생건수 29,472건에 인명 피해가 564명, 재산피해가 121,712백만원으로 막대한 재산 및 인명 손실이 발생한 것을 볼 수 있다. 따라서 비활성가스제너레이터 1대가 10대분의 소방차의 역할을 감당한다 하더라도 이미 540대의 시장이 형성되고 이외에 국내의 대형 선박 및 구축함 등에 1대씩 설치한다면 그 수요가 적지 않을 것으로 고려된다. 이 외에도 군사적 상품으로도 많은 수요가 있을 것으로 판단된다. 또 국외로 수출되는 경우 중동지역의 많은 유전 지역에도 상품의 수요가 클 것으로 보이며 동남아시아의 산불, 남아메리

카, 아프리카 정글지역의 산불 외에도 아프리카에 주기적으로 발생하는 메뚜기 떼의 습격시 이를 퇴치하기 위한 방편으로도 전혀 환경에 악영향을 미침이 없이 비활성 가스제너레이터를 사용할 수 있어 상품으로의 비활성 가스제너레이터의 가치는 매우 클 것으로 판단된다.

3. 개발 전략

한국기계연구원은 산업용 가스터빈 설계기술 개발과 관련하여 1993년 이후 부분품 설계 및 성능해석을 위한 기술 확보에 많은 노력을 집중하여 왔다. 그러나 새로운 가스터빈을 개발하기 위해서는 개발 사양에 근접한 부분품 성능 특성에 대한 자료가 필요하며 이러한 부분품 특성은 일반적으로 Test Rig상의 실험을 거쳐 엔진의 작동성, 임계회전 속도, 서지, 고온부 열응력에 의한 균열, 디스크나 블레이드의 인장 응력 등에 대하여 검증받은 후에 신빙성 있는 자료로 사용될 수 있기 때문에 가스터빈 기술 보유국들은 관련 자료의 유출을 철저히 억제하고 있다. 한국기계연구원은 가스터빈 기술개발에 따른 어려움을 극복하고자 1996년 이후 러시아 및 우크라이나 등지의 가스터빈 연구소나 제작사들과 접촉하여 관련 기술들을 확보코자 노력하였다. 특히 가스터빈 성능해석과 관련해서는 러시아 가스터빈 설계 및 제작사들에 의하여 가장 크게 활용된 것으로 알려져 있는 가스터빈 성능해석 및 설계를 위한 프로그램을 도입하여 활용하고 있다. 이 프로그램은 그 동안 러시아 내에서 제작되고 성능실험을 거친 많은 가스터빈의 성능해석 자료가 입력자료로서 사용될 수 있으므로 계산의 정확성을 기대할 수 있는 장점이 있다. 따라서 비활성 가스제너레이터 개발에는 본 프로그램을 활용함으로써 가스제너레이터의 성능 예측은 물론 시제품 성능시험 시 실험을 위한 자료를 계산할 수 있도록 함으로서 설계와 제작에 따른 오류의 가능성을 크게 감소시킬 수 있

다고 판단한다. 비활성 가스제너레이터 개발을 위해서는 최소 3년의 연구기간이 필요하다고 보인다. 개발을 위하여 한국기계연구원은 시스템 성능해석 및 설계를 담당하고, 국내업체에서는 생산설계 및 조립 그리고 상품화 개발을 위한 연구를 수행하는 것이 적절할 것으로 보인다. 본 연구의 효율적인 진행을 위하여 러시아측의 기술진이 부분 참여하는 것이 유리할 것으로 판단되며 러시아측에서는 시스템 성능실험 및 시스템 설계를 수행한다. 특히 러시아측에서도 KIMM이 보유한 프로그램을 사용함으로써 시스템 성능해석 기술의 이전이 자연스럽게 이루어질 수 있을 뿐만 아니라 설계 사항에 대한 상호 검증이 가능하다는 장점이 있다.

4. 기술적 문제점

비활성 가스제너레이터를 개발함에 있어 뒤따를 수 있는 기술적 어려움은 다음과 같은 사항들이 있을 수 있다.

첫째, 배기가스의 온도가 낮아져 따른 출구 부분의 Icing문제이다. 출구부분의 온도가 영하 20도까지 내려감에 따라 출구가스에 Icing이 발생하는 경우 비활성 가스자체를 화재 진압에 적절히 사용할 수 없을 가능성도 있다. 이러한 기술적인 문제를 해결하기 위하여 일반적으로 항공용 가스터빈에서 적용하고 있는 Air Bleeding을 방법을 채택할 수 있다. 이 경우 항공용 가스터빈 엔진과는 정반대로 압축기 출구의 고온 가스를 추출하여 다퓨저를 통과하는 가스 및 터빈 지지 베어링 부위에 송출함으로써 Icing문제를 해결할 수 있다고 본다.

둘째, 가스제너레이터 후방에 높아진 기체의 온도를 저하시키기 위하여 물을 주입하는 경우 열교환 장치에 발생하는 부식 및 열교환 효율저하와 증가한 유량이 가스터빈 성능에 악영향을 미칠 수도 있는 문제이다. 그러나 스팀분사에 의한 가스터빈 성능 변화는 지금까지 많은 연구대

상이 되어 왔으므로 이 문제는 해결될 수 있는 상황이라고 보며 열교환기 역시 재질의 대체로 문제 극복을 할 수 있다고 판단된다. 특히 최근에는 Regenerator 연구와 관련하여 특수합금 또는 세라믹을 이용한 열교환기 제작이 가능해진 것으로 알려져 있어 이러한 기술들을 활용할 수 있다고 본다.

셋째, 터빈에서 배기되는 가스의 속도를 줄이기 위한 송출장치의 개발이다. 터빈에서 배기되는 가스를 직접 건물 내부에 분사하는 경우 엄청난 유동의 운동에너지로 인하여 기물 및 인명이 피해를 입을 수 있으므로 출구가스의 속도가 5~10m/sec 정도가 되도록 적절한 diffusor의 설계가 요구된다. 만일 비활성 가스제너레이터의 성능이 검증되는 경우 현재 모든 건물 내부에 설치되어 있는 스프링 쿨러 대신 유사시 비활성 가스가 살포되도록 할 수 있는 방안도 고려해 볼직하다. 이 경우 종래의 방식에 비하여 비용의 절감이 매우 클 것으로 판단된다.

이 외에도 개발 중 발생할 수 있는 기술적 문제점의 소지는 다소 있을 수 있다고 보아지나 새로이 가스터빈 엔진을 개발하는 것이 아니고 상당부분 이미 성숙된 기술들을 접목하는 것이므로 기술개발의 어려움은 그만큼 줄어들 것으로 판단한다.

5. 결론

본 연구를 통하여 화재 진압을 위한 비활성 가스제너레이터 개발을 위한 기술적 가능성을 개략적으로 살펴보았으며 개발을 위한 추진 전략을 살펴보았다. 비활성 가스제너레이터는 크게 화재 진압용과 군사용으로 구별할 수 있는데 화재 진압용의 경우 화재 진압방식에 새로운 차원의 해결방식을 제시하고 있다는 점에서 크게 주목된다. 이미 상술된 바와 같이 비활성 가스제너레이터의 경우 화재진압에 걸리는 시간이 기존의 방식에 비하여 극히(!?) 짧은시간에 이루어

진다는 점, 화재진압에 요구되는 비용이 극히(!) 작다는 점, 화재진압 후에도 구조물 내부의 내용물에 손상이 가지 않는다는 점등 매우 매력적인 장점 등을 제시하고 있다는 점이다. 또 군사용으로 사용 시 한국과 같이 국토가 작은 지형에서 전쟁발발 시 적의 탱크, 장갑차 등 중차량을 대기 공기의 유속이 5-10m/sec인 경우 30분 정도 까지 지연시킬 수 있다는 점에서 전략적인 가치가 매우 클 것으로 판단된다. 뿐만 아니라 적간 첩 침투 시 이제껏 보아왔던 소수의 무장한 적 병력을 제압하기 위하여 수만 명의 아군 병력을 동원하지 않아도 된다는 점에서 비활성 가스제너레이터 개발이 요구되는 시급성 및 활용성은 매우 크다 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] Philip.P. Walsh and Paul Fletcher, 1998, "Gas Turbine Performance" Blackwell Science.
- [2] J.D. Mattingly, 1996, "Elements of Gas Turbine Propulsion", McGrawHill Book Company.
- [3] Von Nebojsa Gasparovic, 1981, "Einflu der Gasturbinenparameter auf die Emission der Stickoxide", Eletrizitatzwirtschaft, Jg. 80, Heft 5.