

# 엔진기술의 발달 동향

채 영 진/검사기술협회목포지부

## I. 서론

최초 엔진이 개발된 이후 엔진의 종류별, 용도별로 많은 발전을 거듭하여 왔다. 가솔린 기관의 경우 전자제어의 운용, 운동부의 경량화, 마찰저감, 점화시기의 제어등으로 고출력 초경량화 되었고, 디젤 기관의 경우 공기분사식에서 무기분사식으로의 이행, 연료유 및 윤활유 소비량의 경감과 내구성이 향상되었으며, 가스터빈의 경우 흡기, 압축, 연소작동이 각각 다른 장소에서 연속적으로 수행되어 소형화 고출력 고공에서 고성능요구에 만족되도록 지속적인 발전을 이루었고 이러한 엔진은 전세계적으로 사용이 급격히 확대되었다.

그러나 이러한 엔진들은 급격한 사용증가로 인하여 엔진에서 발생하는 소음, 배기가스, CO<sub>2</sub> 등 환경오염물질을 배출시켜 환경을 오염시킴으로서 많은 사회문제가 되고 있다.

앞으로의 엔진개발은 이러한 환경문제를 보완한 고성능, 내구성의 향상, 공해 환경오염이 없는 신형엔진의 개발을 요구하고 있어 그에 대한 엔진의 종류별 용도별 특성, 개발과정, 신형엔진의 개발 방향에 대하여 기술하고자 한다.

## II. 엔진의 종류와 특징

### 1. 가솔린 엔진

제2차 대전까지는 왕복운동, 성형, 공냉식

가솔린 항공 엔진이 기술적으로 최첨단이었고, 그것은 현재의 기술에도 커다란 영향을 주고 있다. 예컨대 복렬 성형 공냉 18기통, 실린더 내경 160mm 이상, 터보 과급기 부착의 것도 만들어져 있었다. 그 당시 경량 고출력에 대응하기 위하여 노크 억제와 냉각법에 대하여 가장 큰 노력이 경주되었다. 그 후 항공용은 가스터빈 또는 터보제트로 이행하고 더욱 더 경량·고출력화 되었다. 한편 왕복운동식은 자동차를 중심으로 개량이 가해져 완성단계에 이르렀다는 관점도 있다.

그러나 그의 사용목적은 군용이나 항공용과 달리 일반서민용이고, 따라서 편리하고 안전하며 또 내구성의 높은 것이 요구되어 시동, 저출력, 가속, 고출력 감속 등 모든 운전상태에서 안정된 고성능과 연료의 경제성이 자동적으로 유지되도록 개선되었다. 이와 같은 것들을 가능케 한 기술의 하나는 전자제어의 응용으로 특히 흡기관 내 가솔린 전자분사는 장동제어를 광범위하고 정밀하게 수행케 하였다.

또한 고출력화에는 배기터보 과급, OHV 캠축, 멀티밸브방식 등이 채용되었고, 연료절약에는 운동부의 경량화, 희박연소, 마찰저감, 점화시기제어 등에서 연구발전이 이루어지고 있다. 그림 1.1은 대표적인 가솔린 엔진 본체의 구조예이다.

### 2. 디젤엔진

R. Diesel의 초기 노고로 대표되는 것처럼

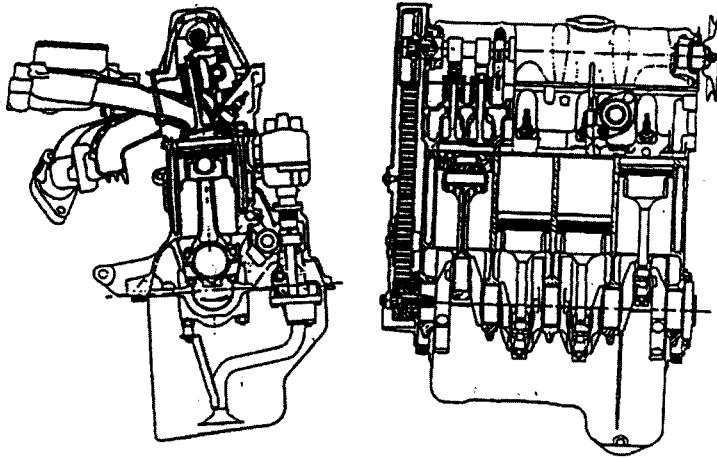


그림 1.1 자동차용 가솔린 엔진의 예(보어내경 87.5 행정 92mm Vs=2.21)

디젤 엔진은 가솔린 엔진보다 몇 갑절 더 고도의 기술을 필요로 하므로 전세계 엔진 연구자들의 대부분이 이에 공헌하였으나 이의 발전에 대한 기대는 아직도 크다. 디젤 엔진 중에서 대표적인 것을 들면 다음과 같다.

i) 대형엔진 : 주로 선박용으로 2사이클, 최대 내경 0.9m 행정, 3m, 80rpm으로, 1실린더당 4000PS(3000kw), 전출력 5000PS의 고출력으로서 프로펠러 직결구동, 정비 열효율은 열기관에서 최고인 50%에까지 달하고 있다. 대형 엔진은 저코스트(low cost)인 중유의 사용을 포함하여 연료경제 향상과 내구성에 최대 중점을 두고 개발이 전진되어 왔다.

ii) 고속디젤엔진 : 가장 많이 사용되는 디젤 엔진으로 트럭, 버스, 승용차, 건설기계, 농경기 등에 사용되고 일반적으로 4사이클, 수냉으로서 보어 150mm이하, 최대 회전수는 크기정도에 따라 다르나 평균적으로는 약 300rpm, 출력 350kw에 이르는 것도 있다. 초기에는 공기분사식이었으나 무기분사로 이행, 기술개발의 중점은 대형의 것과 마찬가지로 연료, 윤활유 소비량의 경감과 내구성을 향상으로 최근에는 트럭에서는 100만 km무개방이 목표로 되어있다. 나아가서 배기의 그을음, NOx, 냄새 및 폭발음,

진동의 억제에 대해서는 주로 연료분사계, 흡기계 및 연소실 형상의 개발로써 이의 대응책이 연구되어 왔다. 그러나 그 대책은 아직 불충분하여 최근에는 디젤차 폐지론까지 들려올 정도이다.

### 3. 가스 터빈

열 원동기는 왕복형으로부터 회전형 즉 터빈으로 나아가서는 직진형의 로켓으로 이행할 필연성을 보다 주장하는 사람도 있다.

왕복운동형의 흡·배기 및 점화는 연소가 격심한 간헐현상인데 대하여, 가스터빈은 흡기, 압축, 연소작동이 각각 다른 장소에서 연속적으로 수행되고 따라서 거의 대부분의 기계부분은 순회전운동 이어서 다음과 같은 장점이 있다.

i) 대량의 공기를 단위시간에 흡입할 수 있으므로 소형, 고출력성이다.

ii) 연속연소이므로 연소의 완전화 및 제어가 용이하다.

iii) 연소압력은 일정하고 또한 낮아서 폭발 압력에 의한 진동과 소음이 없다.

iv) 윤활의 주요부위는 베어링뿐이므로 윤활유 소비량이 적다.

이상과 같은 이유로 현재는 소형 대출력 및 고공에서 고성능이 요구되는 항공기의 거의 전부가 터보제트엔진이다. 이 분야에서는 앞으로 M5 이상의 극초음속기를 목표로 개발이 진전되어 그 때는 냉각제를 겸한 LNG(액화천연가스) 및 LH2를 연료로 사용하지 않을 수 없게 될 것으로 추론되며 광범한 연구개발이 요구된다. 또한 긴급용 발전기 등 장치용에 기동이 빠르고 소형의 이점이 있어서 이의 이용이 확산되고 있다.

다음에 버스, 트럭, 승용차 등 비교적 소출력의 육상교통기관용 엔진으로서의 왕복운동형의 보조기기로서의 배기터빈 과급기가 널리 사용되고 있다. 그러나 주된 기기로서는 종래 수많은 연구개발이 이루어졌고 실용을 위한 테스트 주행도 이루어졌으나 주로 연료소비율의 과대와 운전애 적합한 조건이 좁아서 실용화 단계에 이르지 못하고 있다. 이런 난문제 해결의 하나로서 터빈 날개의 내열화가 있고 이를 위하여 고강도 세라믹의 개발도 오래 전부터 계속 이어지고 있다.

### Ⅲ. 엔진의 용도

#### 1. 자동차용 엔진

##### ① 승용차용 엔진

i) 직렬형 3기통 가솔린 엔진 - 총행정체적 1 l 이하의 소형 승용차에는 주로 직렬형 3기통 가솔린 엔진이 사용되고, 기본구성은 직렬형 4기통 엔진과 같다.

ii) 직렬형 4기통 가솔린 엔진 - 총행정체적 1~2l의 소형승용차의 과반수 차량에 직렬형 4기통 가솔린 엔진이 사용되고 있다. 아이들시의 진동, 고회전(4000rpm이상)의 회전 2차 엔벨런스도 소형승용차로서의 허용 레벨에 있고 소형이므로 연료 소비율도 좋다. 최근의 소형 승용차에서는 경량화와 저연비를 위하여 동력 전달계의 구성이 간소화로 구동손실이 작은 전

치엔진, 전륜구동을 거의 대부분의 차량에 채용하고 있다. 이런 경우 스티어링 방식을 래크 피니언식으로 하고 엔진을 가로놓기로 하는 것이 현시점에서는 가장 합리적인 구성이다. 한편 일본의 도로 운송 차량법에서는 소형 자동차의 전폭을 1.7m로 규정하고 있어 이 규격에 맞도록 가로놓기 엔진을 설치하려면 직렬형 엔진의 경우 4기통이 한계이다. 4기통을 넘는 다기통 엔진일 때는 V형 배열이 사용된다.

iii) 직렬형 6기통 가솔린 엔진 - 직렬형 6기통은 왕복관성력의 밸런스가 좋고 저회전영역으로부터 고회전영역까지 정속한 운전이 가능하므로 고급승용차에 사용된다. 그림 2.1에 직렬형 6기통 가솔린 엔진의 입체 단면도를 나타낸다. 밸브작동계는 4밸브 DOHC이고 2개의 캠축은 투우스트 타이밍벨트로 각각 독립적으로 구동된다. 타이밍 벨트는 유압식의 오토텐서너에 의하여 장력을 항상 최적상태로 조정하도록 되어 있다. 실린더 블록은 주요부를 강화한 골격구조로 되어 있고 오일 팬은 스티프너 클레이트와 일체로 만든 알루미늄제로 하여 구조계의 강성을 높여 엔진으로부터의 방사음을 줄이도록 하고 있다. 직렬 6기통 엔진의 결점은 엔진의 전체길이, 따라서 크랭크축이 길어진다는 점이다. 샤프트의 굽힘이나 비틀림에 대해서는 축의 강성이 충분히 높아지도록 저널 축, 핀의 지름을 설정하고 웨브두께도 최적화하고 있다. 또한 각 기통에 대하여 2개씩, 모두 12개의 폴 밸런스로하고 축 선단에 비틀림 및 굽힘의 듀얼 댐퍼를 장착하므로써 굽힘과 비틀림 대책을 철저히 강구하고 있다. 엔진 전체 길이가 길어지는 데 대해서는 보어간의 피치를 최소화하는 등 설계상의 배려가 이루어지고 있으나 직렬형 4기통, V형 6기통과 비교하면 길어진다. 이 때문에 차량 앞부분의 엔진 세로 놓기와 후륜 구동식 FR차에 사용되고 있다. 차량 앞부분이 길어지게 되나 이것이 오히려 고급승용차의 스타일링에 적합하기 때문에 국내 차에서는 상당히 많이 생산되는 편이다.

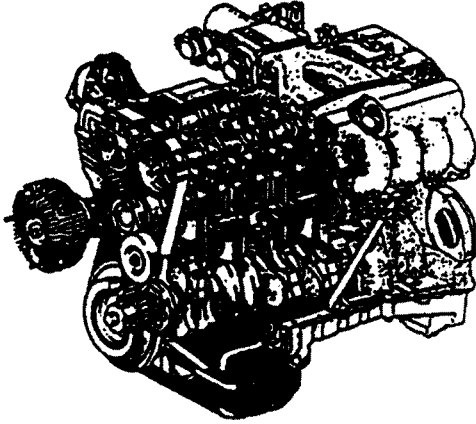


그림 2.1 직렬형 6기통 가솔린 엔진의 입체 단면도

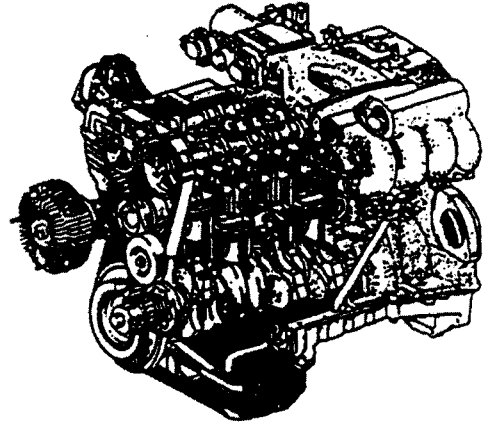


그림 2.2 V형 6기통 가솔린 엔진의 단면도(도요타)

iv) V형, 6, 8기통 가솔린 엔진 - 직렬형 6기통 엔진의 엔진 전체길이를 짧게 하기 위하여 V형 배열로 한 것이 V형 6기통 엔진이다. 그림 2.2에 V형 6기통 2.5l 가솔린 엔진의 가로 단면도를 나타낸다. 실린더 헤드가 2개, 흡기계, 배기계, 캠축 등도 직렬형의 2배의 수가 필요하다. 특히 흡기계는 흡기관성을 활용하기 위하여 충분한 흡기관 길이를 확보하기 위한 설계상의 배려가 필요하다. 배기계는 2개의 배기 매니폴드와 긴 배기관 그리고 프런트 파이프 따위 때문에 배기가스온도가 저하되어 배기가스 정화 대책을 위해서는 촉매가 각기 뱅크 2개 필요하다. 엔진의 전체길이를 짧게 하도록 요구되는 전륜 구동(FR) 및 4륜 구동(4WD) 승용차에는 V형 배열 6기통 엔진이 사용된다. 그림 2.2는 V형 6기통, 그림 2.3은 V형 8기통 가솔린 엔진의 단면도이다.

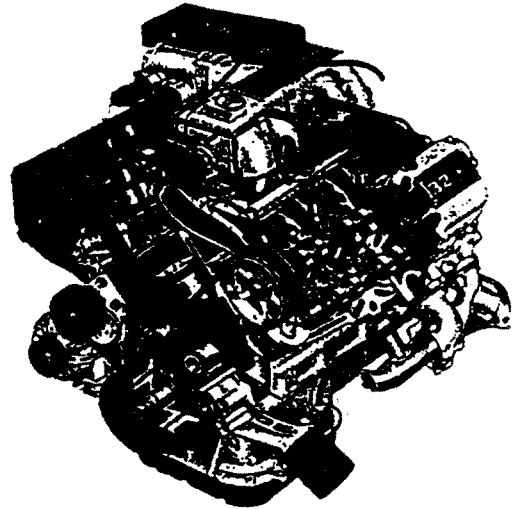


그림 2.3 V형 8기통 가솔린 엔진의 입체 가로 단면도(도요타)

v) 수평 대향형 4, 6기통 가솔린 엔진 - V형 배열 엔진의 뱅크각을 크게 취하여 180도로 하면 수평 대향형 엔진이 된다. 그림 2.4는 수평 대향형 4기통 가솔린 엔진의 단면도이다.

vi) 직렬형 3, 4, 6기통 디젤 엔진 - 디젤 엔진은 가솔린 엔진과 비교할 때 진동 소음이 크

다는 결점이 있으나 연료소비율이 좋고 연료 가격도 저렴하여 주행거리가 긴 승용차 사용자에게는 인기가 있다. 소형 승용차에는 3~6기통이 사용되고 소형 승용차용 4기통 디젤 엔진의 생산대수가 주류를 이룬다. 그림 2.5는 직렬형 4기통 디젤 엔진의 단면도이다.

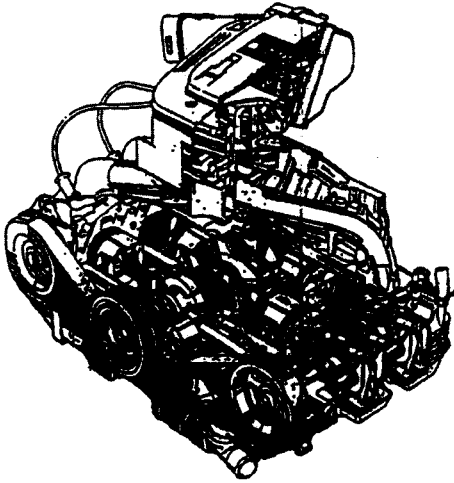


그림 2.4 수평대향형 4기통 가솔린 엔진의 입체단면도(후지중공업)

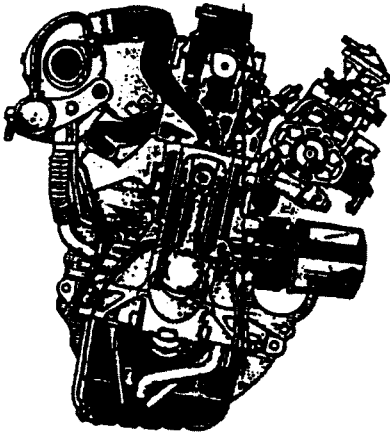


그림 2.5 직렬형 4기통 디젤 엔진의 가로 단면도(도요타)

vii) 로터리 엔진 - Wankel형 회전피스톤 가솔린 엔진(로터리엔진)은 회전이 매끄럽고 진동이 적으며 소형으로서 출력이 높은 장점이 있다. 결점은 많이 개선되었다고는 하나 연료소비가 왕복운동형 피스톤 가솔린 엔진보다 상당히 떨어진다는 점이다. 스포츠 승용차 또는 스포티 고성능 차에 사용된다. 그림 2.6은 반켈형 로터리 엔진의 단면도이다.

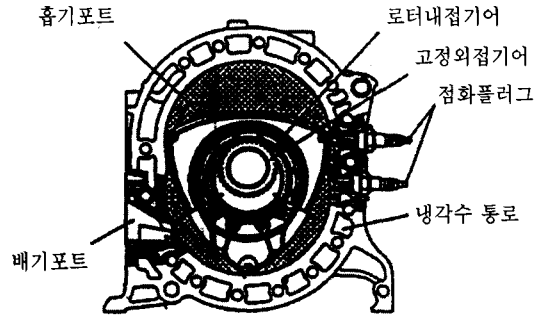


그림 2.6 반켈형 로터리 엔진의 가로 단면도

### ② 상용차용 엔진

상용차용 엔진에는 가솔린 엔진과 디젤 엔진의 두 개가 있다. 가솔린 엔진은 승용차용과 기본적으로 같다. 저속형에 튜닝하거나 내구성을 보다 증대시키는 외에 제조 코스트를 낮추기 위한 개조를 가한 예도 있다. 디젤 엔진은 소형 상용차용으로는 승용차용과 공동의 엔진을 사용하는 경우가 많다. 승용차, 상용차 겸용의 엔진에는 승용차용 엔진으로서의 고회전·고출력, 정속성, 상용차 엔진으로서의 저연료 소비성능, 내구성이 요구된다. 그림 2.7에 2.8l 직렬형 4기통 디젤 엔진의 입체 단면도를 나타낸다. 연소실 형상은 연소소음이 작고 비출력이 큰 와류실식이다. 피스톤 상단부에는 주실에서의 연소를 촉진시키기 위한 쌍엽형의 오목부가 만들어져 있다. 밸브 작동계는 2밸브의 SHOC로서 투우스트 타이밍 벨트로 분사 펌프와 동시에 구동된다.

### ③ 경자동차용 엔진

경자동차용 엔진에 요구되는 조건의 첫째, 소형이고 엔진 룸의 탑재성이 좋아야 하는 점이다. 경자동차의 차량치수한계는 전체길이 3.3m, 전체폭 1.4m이고, 여기에 4인이 탈 수 있는 승용스페이스, 화물실 등을 취하면 엔진 탑재를 위한 공간은 상당히 제한을 받게 된다. 둘째, 0.66l 이하의 소형정체적으로 경자동차용으로서의 충분한 출력성능, 운전성, 정속성 등이 확보되어야 할 것과 셋째, 제조코스트가 저렴하여야 할 것이

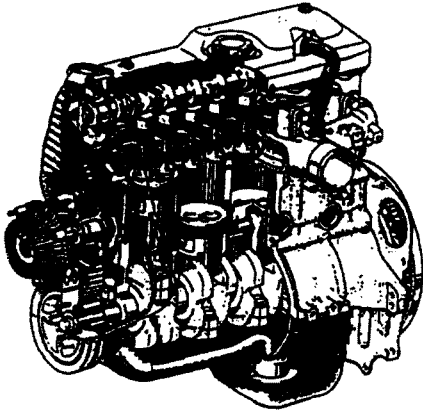


그림 2.7 승용차, 상용차 겸용 직렬형 4기통 디젤 엔진의 입체 단면도(도요타)

다. 종래의 경자동차는 코스트 중시로서 직렬형 2기통 엔진이 많았다. 최근에는 고출력화 및 고급화의 경향이 강하여 직렬형 3기통 엔진이 주이고, 직렬형 4기통 엔진도 증가하는 추세에 있다. 4밸브 DOHC인터쿨러 부착 터보 과급기 등 고출력화를 위한 기구를 갖춘 스포츠형 엔진도 상당히 많이 사용하게 되었다.

#### ④ 트럭, 버스용 엔진

일반적으로 트럭의 경우 차량 총중량이 5톤에서 8톤까지의 중형차, 8톤이상을 대형차로 구분하고 있다. 또 연결차를 가진 트랙터라고 한다. 버스에 대하여는 명확한 구분은 없지만 승차정원수가 30인 이상의 차를 대형 버스라고 한다. 통상적으로 중·대형 트럭 및 버스는 장기간, 그리고 주야를 가리지 않고 장거리를 영업주행을 하는 까닭에 경제성은 더 말할 것도 없거니와 높은 신뢰성과 수명이 긴 것이 요구되고 있다. 1992년 일본 자동차공업회의 조사결과에 의하면 중형 트럭의 연간 주행거리는 4.9만 km, 대형 트럭 7.6만 km인데, 그중에는 20만km에 이르는 것도 적지 않았다. 디젤 엔진의 가장 큰 과제는 배출 가스 즉 NO<sub>x</sub>, 흑연, 입자상물질(PM)의 개선이다. 디젤 엔진의 배기중

에는 다량의 산소를 함유하고 있어서 가솔린 엔진과 같은 3원 촉매의 사용은 불가하다.

따라서 NO<sub>x</sub>를 경감시키는 방법은 연료분사 시기의 지연과, 분사율 제어에 의하지 않을 수 없는 것이 현재의 실정이다.

#### ⑤ 선박용 엔진

선박에서 사용되는 엔진에는 선박 추진용외에도 선내에서의 발전용 엔진이나 각종 작업기계 구동용 엔진, 나아가서는 주기판의 시동용 공기압축기 구동용 엔진 등 여러 가지 용도의 것이 있다. 여기서는 선박 추진용 엔진을 대상으로 기술기로 한다. 그리고 추진용 엔진은 그의 사용상황에 따라서 아래와 같은 종류로 나눌 수 있다. 우선 플래저(PLEASURE)용 등 소형 선박에는 선외기엔진과 선내기/선내외기 엔진이 있다.

##### i) 소형 선박형 엔진(선외기)

3~5톤 이하의 선박, 특히 플래저용 선박과 소형 어선에서는 조종장치, 역전장치 그리고 추진장치가 일체화된 선외기가 널리 사용되고 있으며 연간 생산량은 약 80~100만대에 이르고 있다. 선외기는 선체에 자유로이 장착하거나 또는 분리할 수 있으며 복수로 장착하는 일은 물론 추진부분이 가동식이기 때문에 수심이 얇은 수역에서의 조종성이 용이하다는데 그 특징이 있고, 소형 선박에서는 압도적으로 이 형식이 사용되고 있다.

##### ii) 소형 선박용 엔진(선내기/선내외기)

소형 선박중에서도 업무용 등 사용시간이 긴 것의 경우나, 사용조건이 가혹한 것에는 엔진을 배 안에 장착하는 방식이 취해진다. 이런 방식들 가운데서 추진장치를 가동식으로 하고 선체의 방향제어를 겸한 선내외기방식과 추진장치가 선체에 고정되고 별도로 조타장치를 설치한 선내기 형식이 있다. 전자는 선형 설계상 활주항해시의 추진효율을 높일 수 있는 장점 때문에 파워보트(모터 보트)에 즐겨 채택되는 동시에 수심이 얇은 곳에서의 작업성이 높으므로 근해용 어선이나 양식 어업용에 사용되고 있다. 후자는 전

통적인 형식으로서 파워 보트뿐 아니라 어선이나 세일 보트(요트)에 일반적으로 사용된다.

### iii) 선박용 디젤 엔진(소형)

업무용으로 사용하는 선박 가운데서도 실린더 지름 300mm이하의 가장 중요한 용도는 어선이다. 소형 어선 엔진은 일본에서 크게 번성한 수산업을 뒷받침하는 문자 그대로 원동력으로서 세계의 첨단을 달리면서 발달해 왔다. 어선용 엔진에는 어장으로 이동할 때는 고속 주행성, 투파공 저인 등 어로작업시는 계속적인 토크 백업(torque back up), 그리고 대낚시질 등에서는 초저속에서의 안정된 항주 등 어업 특유의 수많은 특성이 요구되고 있다. 어선용으로 개발된 선박용 엔진은 이런 요구성능을 충족시키고 또 신뢰성도 높기 때문에 현재로서는 어선뿐만 아니라 각종 내항선, 작업선과 여객선 등에도 널리 탑재되고 있다. 엔진의 궁극적 목적 중 하나는 작은 엔진으로 커다란 출력을 발생케 하는데 있다. 어업왕국이던 일본에서의 엔진의 비출력 증대와 소형화를 실현시켜 온 것이 바로 이 소형 어선용 엔진이다. 엔진의 출력을 증대시키기 위하여 수냉 중간냉각기를 사용한 과급방식이 채용되어 연소방식의 최적화를 도모함으로써 그의 출력률에서 20MPa.m/s 전후라는 높은 출력을 실현시키고 있다. 출력률을 증가시키기 위하여 급기·배기 각각 2밸브의 1실린더당 4밸브를 사용하고 있다. 연소방식은 연료소비가 적은 직접 분사식이 일반적이고 연소실의 형상변경에 의한 공기유동의 개량과 유입요동이나 연료부문의 최적화등에 의한 효율향상이 도모되고 있다. 또한 출력률 증가에 수반된 엔진에서의 열부하는 증대에 대응하여 알루미늄제로부터 두께가 얇은 주철제 피스톤으로의 변형을 시도하는 등 구조면에서의 기술개발이 진전되고 있다. 엔진의 구조는 어선에 탑재성이 좋은 직렬 엔진이고, 6실린더를 중심으로 하여 4실린더나 8실린더 엔진이 사용된다. 냉각방식은 당초에는 바다물로 직접 엔진을 냉각하는 방식이었으나 신뢰성향상과 보수의 용이화를 위

하여 도입된 간접 냉각방식이 일반화되고 있다.

### iv) 중·대형 선박용 엔진

대형선박의 추진용 주기관으로 사용되고 있는 중·대형 엔진은 그 중의 27~30%가 중속 4사이클이고, 또 약 70~73%는 저속 2사이클의 모두가 디젤 엔진이다. 수천 마력에서부터 1만 마력 전후되는 출력범위의 4사이클 디젤은 이보다 대마력의 2사이클 디젤 엔진이 100rpm 이하인데 대하여 회전수가 수백 rpm이상이고, 객선, 화물선, 페리선, 쇄빙선 등의 주기관으로 널리 사용되고 있다. 디젤 엔진 가운데서 최대 출력을 가지는 것이 2사이클 저속 엔진이다. 평균 유효압은 1.7MPa 이상 되는 레벨에 이르며 엔진의 열효율은 약 54%에 달한다. 이런 값은 행정/실린더 내경의 비율이 3 전후되는 초 롱스트로크의 채용과 함께 과급기의 효율향상 기타 여러 가지 개량에 의하여 달성된 것이다. 신뢰성과 메인테넌스 간격의 연장은 운항성 문제로부터 가장 요구되는 사항이다. 라이너 벽면 온도를 적절하게 제어하는 구조를 채용하는 등으로 왕복운동부분의 개량과 배기밸브 주위의 개선으로 이런 종류의 엔진 오버홀(over haul)간격은 2년간, 그리고 메인테넌스 간격도 3만시간에 달하고 있다.

## IV. 공해 환경문제

엔진의 이용이 급속히 확대됨으로써 적은 대수의 운전시에서는 전혀 문제가 없었던 장해를 이용자 이외의 사람이나 동·식물, 그리고 지구 환경에 미치게 됨에 따라 열에너지, 특히 화석 연료 사용에 가장 적합한 엔진은 더 이상의 확대가 허용되지 않는 상황에 이르고 있다. 한편 세계 대부분의 사람들은 선진국에 비하여 불과 얼마 안되는 수량의 엔진 밖에 사용하고 있지 않으므로 점차 선진국과 같은 수준에 접근하리라는 것은 확실하며 그것을 저지시킬 수 있는 이유는 없다. 이렇게 될 경우 지하에 있는 화석

연료의 고갈화도 더욱 가속화될 것이고 그것의 코스트업 뿐 아니라 정탈을 위하여 평화가 위협 당할 우려성이 높아질 것으로 예상된다.

결국 엔진 관계자의 책무는 상기와 같은 공해, 환경 오염이 없는 그리고 근소한 연료소비 엔진의 시스템을 고안 개발하는 것으로 다음에 그 주요 문제점을 열거한다.

### i) 소음

기계음(피스톤과 실린더의 충돌, 즉 피스톤 슬랩, 밸브, 태핏, 기어음 등)과 연소음(압력의 급상승에 의한 연소실벽의 진동에 의한), 그리고 배기음(고압, 고온가스의 급팽창에 의한)등이 있고 이 가운데서 배기음이 가장 크나 머플러에서 상당히 감소되고 있다. 또한 가스 커빈에서도 배기음은 문제로 되어 있다. 이런 소음을 한층 더 저감시켜야 하는 것은 오토바이, 트럭 및 비행기에서 특히 강하게 요구되고 있다.

### ii) 가솔린 엔진의 배기

미국의 머스키 의원이 제창한 문제로서, CO, HC, NOx를 매우 낮은 값으로 규제하고, HC와 NOx에 의한 광화학적 스모그 발생의 방지를 주목적으로 하고 있다. 이들의 성분은 그 후 규제치에 합격될 수 있는 처리법이 개발되어 실용화되고 있으나 광화학 스모그가 아직도 소멸되지 않고 있는데서 한층 더 엄격한 규제화 준비가 진행되고 있다.

### iii) 디젤 배기

일본에서는 도시내 간선도로에 연한 지역에서 일어나는 천식병이 디젤 배기속에 있는 NOx에 의해 발병하는 것으로 단정, 이의 대폭적인 경감이 요구되었으나 가솔린에서의 NOx 규제법이 그대로 응용될 수는 없으므로 새로운 NOx 경감법이 각방면에서 활발히 연구되고 있다. 또한 미국에서는 배기중의 미립자

(particulate), 그것은 검은 그을음, 황산염 SOF(Soluble Organic Fraction)로 구성되고 색깔 및 냄새가 불쾌한 것으로 발암성의 의심이 있어서 가까운 장래에는 현상태의 몇분지 1로 경감시키려는 규제가 EPA(Environmental Protection Agency)로부터 제시되고 있다. 거기에는 여과하여 포집한 것을 자동적으로 소각하는 방법도 각국의 여러 회사에서 개발노력이 이어지고 있다.

### iv) CO<sub>2</sub>

그림 3.1은 200년간 측정된 대기중의 CO<sub>2</sub> 농도 증가를 나타낸 것이고 세계의 에너지 소비량과 대략 비례하고 있음을 보여준다. 연료의 연소로 발생하는 CO<sub>2</sub>량은 발생한 CO<sub>2</sub>가 소량 일 때에는 수면이나 식물에 흡수되는 CO<sub>2</sub>와 평형이 유지되어 그 농도는 증가하지 않는다. 200년 전까지만 해도 그러하였으나 탄화수소연료의 연소에 의한 에너지 소비의 증대로 그의 평형이 무너져 CO<sub>2</sub>배출량의 약 절반이 대기중에 잔류하여 그 농도를 상승시키고 있고, 특히 최근 수10년간은 급속히 상승하여 만일 이런 추세가 계속된다면 500ppm(지금은 350ppm)에 이르는 것은 2030년경으로 예측된다. 그 때는 CO<sub>2</sub>의 적외선 흡수성(온실효과: green house effect라고 부른다)으로 대기 온도를 약 3℃나 상승시켜 기후이변이나 해면 상승 현상이 일어날 가능성이 컴퓨터로부터 예측되고 있다. 만일 그렇게 된다면 CO<sub>2</sub> 문제야말로 가장 중요하게 제기되어 인류의 장래와 가장 깊은 관계가 있는 열공학상의 과제가 될 것으로 생각되고 이를 위해서는 단순한 연료절약만으로는 불충분하고 수소 엔진이나 수소·산소연료 전지 등의 실용화가 필요하게 될 것이다.

## V. 신형 엔진의 개발과 반성

### i) 회전 밸브 방식



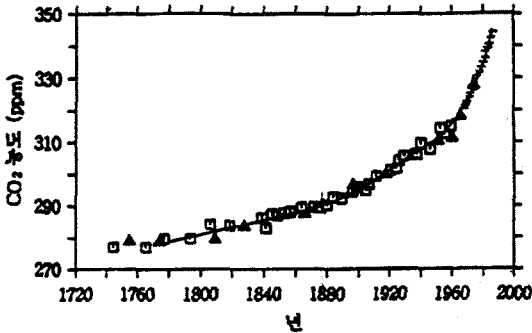


그림 3.1 남극 시플(Siple)기지에서 행한 빙상코어속에서 기포분석에서 얻어진 바 근 200년간의 CO<sub>2</sub> 농도의 증가경향(베를린 대학그룹에 의함)

흡입공기량에 비례하여 출력이 얻어지므로 고속회전시 밸브통로 면적이 커야 한다는 것은 최대출력 증대에 필수 요건이나 현재 사용하고 있는 포피트밸브는 한계가 있고 더구나 개폐기구동 엔진 작동부분으로서 하나의 중요한 문제점을 가진다. 이에 대신하여 회전체의 창이 열렸을 때 가스를 유입토록 하는 회전밸브는 여러 가지가 고안되었고 그 일부는 한때 실용화한 예도 있으나 그것이 포피트밸브로 되돌아간 것은 미끄럼면으로부터의 고온 가스의 누설을 막지 못했기 때문이다.

### ii) 로터리 엔진

피스톤 왕복운동에 의존하는 작동은 수많은 문제점을 가진다. 가스터빈에서는 고압축, 터빈 날개의 내열성 등으로부터 특히 소출력 엔진에는 난점이 많다. 여기서 회전 피스톤형(이것을 통상 로터리 엔진이라고 부른다) 엔진이 많은 사람들에 의하여 여러 가지로 고안되었다. 그중에서 Wankel식은 지금도 실용화되고 있다. 그것은 출력축 1회전으로 4사이클과 맞먹는 작동을 수행하며 밸브도 필요치 않으므로 출력성능도 우수하다. 그러나 가스의 누출개소가 많고 1개의 누설통로도 넓다. 또한 피스톤 링에 해당하

는 시일의 미끄럼면이 유체유회조건을 충족시키지 못하는 등에서 내구성, 연비, 유회유소비에 대한 엄한 조건들을 해결하기 어려운 등의 이유로 지금은 특수한 목적의 이용에 한정되고 있다.

### iii) 세라믹 엔진

실린더내에서의 팽창은 단일 팽창이 이상적이나 200~300C의 벽면에 대하여 연소가스는 1500C가 넘게 되어 당연히 전열손실이 있게 마련이다. 만일 단일벽으로 되어 있다면 그에 해당되는 부분 만큼의 열손실이 감소되고 효율이 높아지며, 또한 외부로부터의 냉각의 필요성이 없으므로 물이 없는 엔진개발도 가능하게 될 것이다. 여기서 열전도율이 작고 내열성이 큰 세라믹스를 연소실 벽으로 하면, 이와같은 엔진이 출현될 수 있다는 것이 미국의 커민즈사로부터 제창된 이래 거의 모든 엔진회사가 이의 개발에 참가하였다. 그러나 이 방식의 채용은 너무도 과학적 검토가 부족하였다고 할 수 밖에 없다.

## VI. 맺음말

엔진은 우리들의 일상생활에 있어서는 안될 기계로 되어 있다. 그러나 현재의 상태로서는 이의 존재를 허용할 수 없게 하는 것은 불가피한 사실이다. 획기적인 발명을 필요로 하고 인간은 그와 같은 강한 요구에 대하여 역사적으로 볼 때 그때마다 적절한 해답을 얻어 왔다. 그것이 어떠한 열기관이 될 것인가에 대해서는 지금로서는 불분명하나 관계자들의 책임이다. 지난날의 성공과 실패한 경험으로부터 과학적인 합리성이 결여되어 있는 것은 물론 불합격이고, 성능과 내구성을 충족시키며, 또 환경정화에 합치되는 동시에 에너지 자원의 문제도 해결하여야 하는 수많은 난제들을 해결해야 하기 때문에 한층 더 새로운 발상으로 연구개발을 추진시킬 것과 또 이것을 지원할 태세가 필요하다고 생각된다.