

産学協同 시리즈  
INDUSTRY  
&  
UNIVERSITY

## 물/연료유 에멀존에 대한 검토

尹 昌 求

한국 과학기술연구소 화학공정 연구실

## A Review of Water/Oil Emulsion as Fuel

C. K. Yun

Korea Institute of Science & Technology, Seoul 132, Korea

### 요 약

연료유에 현탁된 물방울의 급격한 폭발로 열효율이 향상되고 검댕이와 산화질소의 발생이 감소됨이 알려져 있으나 각종 사용시험 결과의 신빙도, 에멀존의 안정성 및 부수설비등의 많은 문제가 따른다. 지난 7-8년간 외국에서는 각종 보일러, 엔진 및 제철소 고로취입 등에 시험 사용된 바 있지만 미지수가 많은 상태에 머물러 있다. 상업화된 에멀존 제조설비중에는 콜로이드밀, 호모지나이저, 초음파 반응기등이 경제성이 있으며 국내 개발의 방향은 기술정보의 수집과 기존 설비의 사용시험에 우선권을 둬야 타당하겠다.

### Abstract

Microexplosion of water droplets suspended in fuel oil is known to improve heat transfer and reduce the formation of particulates and  $\text{NO}_x$ . However, there exist many unsolved problems concerning the reliability of test results, the emulsion stability and the auxiliary equipment requirements. On other continents, the water/oil emulsion fuel has been tested for a number of years on various boilers, automobile engines and blast furnaces. Although claims of improved fuel economy abound, the prospect is not quite clear yet. In this review, we observe that only the colloid mills, homogenizers and ultrasonic reactors can economically emulsify the fuel oil, and propose that an effort to develop the technique in this country should give priority to collecting technical information and to well-controlled field tests with existing facilities.

### 1. 배 경

이 글을 쓰게 된 계기는 “물을 연료유에 섞어 때면 그만큼 연료를 절약할 수 있다”는 솔깃한 얘기가 한동안 해외소식에 나오다가 근래에는 우리 나라에도 상륙

하여 에너지 관계자들은 물론이거니와 각종 발명가들의 비상한 주의를 끌고 신문기사 거리로까지 등장한데에 있다. 마침 최근에 이 문제에 대한 개략적 문헌조사를 한 바가 있어 여기에 나타난 기술현황을 소개하고 경제성 검토와 문제점 토의를 통하여 국내 기술개발의 방향을 제안함으로써 에멀존 연료에 대한 논란을

매스컴이 아닌 엔지니어와 과학자들의 작업대위로 끌어 올리려는 것이다.

연소용 버너끝에서 분산된 기름방울속에 미세한 물 방울들이 현탁되어 있으면 이들의 급격한 증발에 의한 폭발로 기름이 더 잘게 분산되어 연소효율을 높일 수 있으리라는 착상이 나온 것은 16년전의 일이다. 지금까지 알려진 바에 의하면 이때에 연료유와 공기간의 접촉면적이 증가하여 연소속도가 빨라지고 폭발시의 교반효과로 열전달이 향상되며 따라서 미연소분 검댕의 발생과 과잉공기의 소요가 줄어 열효율이 향상된다는 것이다. 한편 물에의 증발열공급으로 인해 순간적 연소온도가 떨어져 산화질소 발생량이 감소되는 것이 알려져 있다. 이 밖에도 이러한 에말존이 기체연료와 대등한 성능이라 천연 가스를 대체할 수 있다는 주장도 있다. 각종 연소기구에서의 사용시험 결과는 연료 절약이 별로 없다는 선에서부터 30% 절약된다는 데에 이르기까지 구구하다.

반면에 에말존 연료에 대하여 회의적인 의견도 많은데 그 중에 가장 중요한 것이 지금까지의 사용시험 결과의 신빙도 문제이다. 예를 들어 난방용 보일러에 시험하였을 때에 난방온도가 보통 때보다 낮게 조정되었다던가 에말존을 사용 않더라도 다른 방법으로 과잉공기를 감축시킬 수 있다던가 하는 것등이다. 특히 엄격히 표준화된 시험과 반복시험 및 관련 전문가들의 검토를 거치기도 전에 성과를 선전하는 성급함에서 오는 문제가 크다. 다음으로는 에말존이 장기간 저장될 때의 안정도가 문제된다. 특히 가정 보일러용 경우에는 천연의 유화제가 거의 함유되어 있지 않아 물과 기름이 재분리되는 경향이 큰데 이를 방지하려 값비싼 유화제를 다량 사용할 수도 없는 일이다. 이 밖에도 부수장치 소요의 문제가 있다. 에말존의 낮은 안정도나 높은 점화온도 때문의 이차 탱크, 추가 배관 및 계장설비등, 또는 차량엔진에서의 점화지연을 극복하기 위한 조정과 설비에 소요되는 경비가 상당해질 수 있다.

## 2. 기술현황

### (1) 액체의 연소기술

연소현상 자체의 이해 부족이 문제되고 있는데 전통적으로 관심의 대상이 되는 요소는 연료의 분산, 연소반응과 과잉 공기의 역할, 열정산 및 효율계산 등이다. 물/연료유 에말존의 사용 효능을 이해하려면 보다 많은 기초적 연소 연구가 필요하다는 것이 통설이다. 때로는 신중 유화기 발명가들이 재래의 연소공학이나 상

식과 거리가 먼주장을 하는 것도 혼란의 원인이 되는데 예를 들면 Cottell 같은 이는 연료유 속의 물방울이 순간적으로 과열 수증기화하므로 “증발열로의 손실이 없다”는 것으로부터 물분자가 “수소와 산소로 분해되어 화학반응을 일으킨다”는 설에 이르기까지 다양한 이론을 펴고 있는 것이다.

### (2) 에말존 제조기술

이 분야의 역사는 화학공업만큼 오래며 수많은 종류의 유화설비가 사용되어 오고 있다. 에말존 제조상의 주요 고려사항은 희망하는 입도와 점도 및 안정도로서 이에 따라 유화기와 조업방법을 선택하게 된다.

#### 가) 화학적 방법(유화제)

계면활성제로 표면장력을 감소시키는 방법이며 충분한 양을 사용하면 가볍게 저어주기만 하여도 유화된다. 증유의 경우에는 천연 유화제를 상당량 함유하고 있으나 증유는 그렇지 못하다. Kirk-Othmer는 백여개의 유화제 상품명을 나열해 보이고 있다.

#### 나) 기계적 방법(교반 및 shearing)

각종 날개나 회전자에 의한 유체의 강제운동을 이용하는 방법이 모두 포함되며 그 예로는

- Impeller mixer (가장흔한방식)
- Turbine mixer (baffle 사용)
- Colloid mill (10—100 $\mu$ 의 좁은 간격을 두고 고속회전)

#### 다) 초음파 방법 (cavitation 효과)

초음파 cavitation을 일으키는 설계에 따라 다음과 같이 세분된다.

- Homogenizer(고압펌프와 배출구의 공명발브; 21 kHz 발브, 50kHz 발브등)
- Inline homogenizer(공명판 설치)
- 수증기 주입식(수증기 방울이 액체속에서 응축되며 일어나는 증기함마 효과 이용)
- 전기 발진식\*(transducer 구조상의 문제로 공업적 이용에 난점. 2kw 이하용량)

\*E. J. Murry의 말을 빌리면, “사오년에 한번씩은 잡지 내는 이들이 ‘초음파쪽은 요즘 뭘하고 있는지?’ 또는 ‘초음파연구는 어떻게 된거야?’ 하고 중얼거리게 된다. 요란하게 방송하던 그 초음파 에너지의 기적은 모두 어디로 갔느냐는 것이다. 이에 대한 대답은 둘중의 하나다: 첫째로는 현실성, 경제성이 없거나 기술적으로 불가능해서 포기하였던가. 둘째로는 연구설로 되 돌아가 조용한 속에서 진행되고 있던가. 처음부터 연구실을 벗어나지 말 일이지 원.”

## (3) 에말존 연소시험

아래의 사용개소중에 보일러와 엔진류에는 주로 연료절약과 점등이 및 산화질소등 공해를 억제하는 목적에서 시험되고 있다. (상세한 시험내용은 부록을 참조하기 바람)

- 가) 발전 및 공업용 보일러(물/중유)
- 나) 가정용 보일러(물/경유)
- 다) 설비 및 차량용 디젤엔진
- 라) 휘발유 엔진(경우에 따라 연료/공기의 비율 낮출수 있으나 이 경우의 산화질소 발생량은 오히려 증가)
- 마) 제철소 고로(점등이 발생을 억제하여 고로의 중유 취입량 증가)
- 바) 기타(전투용 차량, 제트 엔진등에서의 흡연 효과)

과)

## 3. 경 제 성

아무리 물/연료유 에말존이 연료절감을 가능케 한 다 해도 유화 경비가 절감액보다 더 많이 들면 무의미하다. 여기에서 경제성 검토의 기준으로 잡은 것은 45 gph 또는 45 gpb(1 batch/hr로 본 것)의 처리량인데 이는 대략 2.5t/h 보일러의 방카C 소요에 해당한다. 아래의 유화제 사용량은 경유를 기준으로 한 것이고 중유의 경우에는 이보다 많이 줄어든다.

## (1) 유화장치별 원단위 추정

장 치 명	인 력(명)	전 력(hp)	최초투자(U. S. \$)	유화제 사용(무게%)
Hand Stirring	1/5	0	100	25
Impeller mixer	1/5	1/2	500	15
Turbine mixer	1/5	1	1,000	10
Colloid mill	0	3	5,000	1.5
Homogenizer	0	2	8,000	0.1
Ultrasonic(전기 발전)	0	5/8	6,000	0

## (2) 물가 추정

인력  $W36,000/(1M \times 10h/d \times 24d/m) = W150/MH$   
 전력  $W30/kwh = W22/hpH$   
 감가상각(10년)과 금리(25%/y)/(300d/y × 8h/d) = 0.01%/h 유화제(국내시가는 1,000-1,500 W/kg 이나 아주 값싼 것을 활용하게 된다 가정하면) W 200/kg  
 방카C W 43/=W163/gal(비중 0.96)

제철용 코크스 W 501kg

## (3) 유화원가와 손익 추정

여기에서 기준으로 한 것은 물을 20% 섞어 연료 절감을 15%라는 가정인데 이는 기대치의 상한선으로 보인다. 공해감소의 경제적효과(집진기등)와 계장설비등은 포함되지 않았다.

장 치 명	유 화 원 가 (W/gal)					수 지 (W/gal-oil)		
	인력	전력	감가상각과금리	유화제	계	유화원가	연료절감	이 익
Hand stirring	0.7	0	0.1	145.4	146.2	266	25	-241
Impeller mixer	0.7	0.2	0.5	94.8	96.2	148	25	-123
Turbine mixer	0.7	0.5	1.1	66.1	68.4	98	25	-73
Colloid mill	0	1.5	5.4	10.7	17.6	22	25	+3
Homogenizer	0	1.0	8.6	0.7	10.3	13	25	+12
Ultrasonic(전기 발전)	0	0.3	6.5	0	6.8	9	25	+16

제철소 고로 취입시에 제철 톤당 방카C 50kg을 더 사용 가능케 했다면(코크스 1.5kg 절약/방카C 1kg)

homogenizer 를 사용하는 경우에  
 방카C 가격 W163) × 14gal = W2,464  
 유화비 W 13)

코크스 절감  $W50 \times 75\text{kg} = W3, 750$   
 제철톤당 절감액  $W1, 286$

#### (4) 검토

위의 결과를 보면(colloid mill, homogenizer, ultra-sonic reactor)의 세가지 설비만이 물/연료유 유화에 경제적으로 사용 가능하다. 증유의 경우에는 이들 설비에의 유화제 첨가가 사실상 필요없으므로 이익금이 경유의 (+3, +12, +16) W/gal-oil로부터 (+16, +13, +16) W/gal-oil로 각각 높아진다. 이들 계산은 연료 절감율 15%인 경우에 대한 것인데 만약에 연료절감율이 6% 이하인 경우에는 어느 유화설비를 사용하더라도 손해만 보게 된다.

한편 7.5t/h 이상의 보일러에는 ultrasonic reactor의 용량이 부족하여(>2kW)두대 이상 병렬로 설치해야 하므로 전력원단위와 최초투자 양쪽 모두 다른 두 유화설비보다 불리해진다. 특히 고로취입 규모가 되면 유화원가가 homogenizer 쪽보다 세배 가량이나 높다.

### 4. 국내 기술개발의 방향

물/연료유 에말존의 사용에 의한 연료절감 및 공해 감소의 가능성이 있는한 이 기술의 국내 응용을 위한 개발연구의 타당성은 성립한다. 이미 국내의 화학공장과 연구소들이 보유하고 있는 colloid mill, homogenizer 류도 상당수에 달하므로 이의 활용이 새로운 유화기의 개발이나 구입에 앞서야겠다. 국내에서 주로 에말존 연소시험의 대상이 되는 것은 공업용 보일러들인데 국산 보일러의 열효율 자체가 매우 낮고 표준화 작업도 미비한 실정이므로 이 방면의 기초작업이 요구된다. 재료절약을 위해 전열면적을 많이 희생시켜 제작한 보일러나 또는 높은 효율(90% 이상)의 근대식 발전소 보일러의 경우 모두 연소효율 개선이 미치는 효과가 클 수 없는 것이다. 에말존 연소시험은 치밀한 계획하에 사후 평가가 가능하도록 실시해야만 외국에서와 같은 월가월부를 면할 수 있겠다. 이러한 점들을 고려하여 다음과 같은 방향을 설정해 보았다.

#### (1) 기술정보와 기재의 수집

가) 국내보유 유화설비 및 해외상품현황의 파악과 구매

나) 물/연료유 에말존에 대한 연구실적과 사용시험 결과의 수집과 평가

#### (2) 사용 시험

가) 기존 유화설비를 사용한 시험(2.5t 보일러 ; 10t

보일러 ; 발전소 ; 차량 ; 제철소등)

나) 신규설비의 사용시험

다) 시험결과와 각종 문제점의 평가, 실용화 계획

#### (3) 기초 연구의 지원

가) 연소 현상

나) 유화 현상

다) 에말존의 연소효과

### 부록 1 : 유화설비 공급원

#### (1) 유화제 공급원(미국)

Atlas Chemical Industries

Emulsol Corp.

General Aniline & Film Corp.

Glyco Products Co., Inc.

Goldsmidt Chemical Corp.

Kessler, division Armour Chemicals

W. C. Hardesty Co., Inc.

#### (2) Homogenizer (pulse-type) 공급원

Gaulin Corp. (Everett, Mass.)

Cherry-Burrell Co. (Cedar Rapids, Iowa)

Crepaco (Chicago, Ill.)

Rannie (Albertslund, Denmark)

Soavi (Parma, Italy)

Sonic Corp. (Wilton, Conn.)

Stork (Amsterdam, Netherlands)

Alfa-Laval (Lund, Sweden)

#### (3) Colloid Mill 공급원

Eppenbach, Manton-Gaulin, Premier, Sonolator,

Chemicolloid Lab., 등

#### (4) 각종 Mixer 공급원

Eastern, Eppenbach, Nortal등

#### (5) Ultrasonic reactor 공급원

Tymphonic Corp. (Plainview, N. Y.)

Crest Ultrasonic Corp. (Trenton, N. J.)

Elf Union (Paris, France)

Compaigne Francaise de Raffinage (Paris, France)

## 부록 2 : 해외의 물/연료유 사용시험

### (1) Gaulin homogenizer

가) A. Gaulin 의 발명(1899년). Plunger-type homogenizer, 21kHz 발파. Gaulin Corp. (Everett, Mass.; Vice President-Research L. H. Rees)에서 판매.

나) 10% 물/방카C 에말존을 유화와 동시에 40t/h 의 현대식 보일러에 사용. 보일러 효율 1.6% 증가, 점도가 50% 감소, NO<sub>x</sub> 는 약간 감소. 과잉 공기와 보일러 내벽에 점도가 얇은 것이 줄었음.

다) 유화제를 사용 않고도 수주간 에말존 저장 가능.

### (2) Cottell 초음파 장치

가) Eric C. Cottell(U. S. P. 3, 715, 104 & 3, 749, 318) 의 발명. 20kHz 로 진동하는 ultrasonic tip 이 든 reaction chamber. 물방울 직경 1—5 $\mu$ . 제래식 버너 사용

나) Tymponic Corp. (Cottell 이 설립)가 주로 판매. 70—80기의 실적. Heaters, Stationary diesel engines, asphalt plants, domestic furnaces(proto-type)

다) Crest Ultrasonic Corp. (President H. F. Osterman)도 판매. 15—70 gph 범위. 예를 들어 40—50 gph 짜리의 가격이 \$6,000가량이나 연료절감으로 18개월 내에 보상된다는 주장

라) Adelphi University(Garden City, N. Y.)에서 사용 시험. 5 t/h 수관식 보일러에 5주간 사용. 25% 물/No. 4 연료유 Tymponic Corp. 와의 계약은 연료 절감 15%였으나 실제로 30% 성취(일년전과 degree-day 기준의 비교). Cottell 장치를 8 개 더 주문. (관계자 : Engineering consultant F. J. Cashin, Physics Professor J. Doohar). ASTM 에 의한 열경산과 열효율 측정을 위한 계기 설치 예정. 문제점은 다음과 같음.

- 시험기간동안 실내온도를 낮추어 조정했던 것.
- 과잉공기의 감축(50%→20%)은 에말존 없이도 가능한 것.

c. Degree-day 기준의 비교가 합리적인가 하는것.

마) Environmental Protection Agency (EPA)의 Combustion Research Group(Research Triangle Park, N. C.)도 Cottell 장치를 물/No. 6 중유로 시험중. 물/No. 2 경유에 대해서도 시험 예정. (연구책임자 : R. E. Hall)

바) 저장중 경유와 물의 재분리를 회피하기 위해 유

화와 연료분산을 동시에 할 수 있는 기구를 개발 중(Cottell).

사) 18—20% 물/휘발유를 사용하여 차량엔진에서 발생하는 NO<sub>x</sub> 를 줄이고 연료절감율 10%라는 주장. 물탱크 설치필요. 별로 환영받지 못하고 있음.

### (3) Elf 초음파 장치

나) Elf Union 의 개발 공급(France 내). 지난 2—3 년간의 실적은 난방용(1,000기 이상), 공업로용(100기) 및 발전소(Electricite de France, 50MW 용 보일러에 사용중. 또하나 설치중). 폐액소각용으로도(Cinlaus).

다) 물/No. 6 중유로 기체연료와 대등한 성능발휘, 따라서 천연가스를 대체할 수 있다는 주장. 과잉 공기 감소와 열전달 향상의 효과는 물의 증발열과 맞먹어 연료절감은 별로 없다함.

### (4) Total 유화기

가) Compaigne Francaise de Raffinage(CFR, 대변인 : P. Baudoin)에서 개발한 Total Emulsifier (U. S. P. 3, 809, 372). 제래식 버너사용. 외부전원이나 유화제를 사용않는 inline homogenizer(12—15kHz 강철 공명판).

나) 소요 압력차 20—70 psi. 크기가 작음(50—300 gph 용의 직경 6'', 두께 3'').

다) No. 4 및 No. 6 중유에 20% 물을 유화시키면 점도가 발생량은 60—95% 감소, NO<sub>x</sub> 는 15% 감소. 연료절약은 "a few %"

라) EPA(Research Triangle; R. E. Hall)에서 시험 결과 CFR의 주장을 확인. 특히 No. 2 경유의 경우에는 10—35%의 물을 섞어 NO<sub>x</sub> 발생을 10—40% 감소시켰음. 문제점은

- 아주 미세한 점도가 발생하여 인체에 유해 (총량은 줄어도 입자의 수는 증가함)
- 경유 에말존의 안정도가 낮아 저장 곤란. 가정용보일러에 시설경비가 추가됨.

마) Energy Systems Dept., Grumman Corp. (Bethpage, N. Y.)에서 1 gph 의 가정용 보일러로 시험중

### (5) Agosta 유화기

가) V. D. Agosta(Polytechnic Institute of New York, Brooklyn, N. Y.)의 발명. U. S. 특허수속 중. 일종의 inline homogenizer로서 1 $\mu$  짜리 물방울을 현탁시킴. 압력과 온도에 무관하고 아주작은 크기라는 주장. (100gph 짜리는 연필만한 직경에

1" 길이. 600gph 짜리는 그 두배 정도).

나) Prof. Agosta가 N. Y. State Assembly Scientific Staff에 보고한바에 의하면 25%의 물을 No. 2 경유에 섞어 연료절감 20% (degree-day 기준). 가정용은 물론, 디젤엔진, 개솔린 엔진, 각종 보일러, 연소기등에 사용 가능하다는 주장.

다) Energy Systems Dept., Grumman Corp.에서 1 gph 가정용 보일러로 시험중.

#### (6) Diesel 엔진에의 사용시험

가) CAV Ltd. (London, England)에서 연료절감과 공해감소 결과를 얻었으나 설치비와 운전상의 복잡성이 너무커서 포기.

나) Cummins Engine Co. (Columbus, Ind.)에서 1970년에 Society of Automotive Engineers에 보고한바에 의하면 점화지연 문제가 너무커서 실용성이 없다는 결론.

#### (7) Gasoline 엔진에의 응용(가솔린/알콜/물)

가) Vereb Associates Inc. (Fullerton, Calif.; President F. T. Andrews)에서 개발한 gasoline/isopropyl alcohol/water(32%까지)는 연료절감 10%, NO<sub>x</sub> 감소 90%, 특히 lead antiknocks가 불필요해진다는 주장.

나) Vereb과 University of Oklahoma(Prof. W. J. Ewbank) 공동으로 우편물 트럭들에 주행 시험중.

다) EPA 연구진(Ann Arbor, Mich.) 및 California Air Resources Board(El Monte, Calif.)의 결론은 Vereb 에탈존이 공해방지에 도움은 되나 근래의 배기 조절된 차량들(lean fuel/air ratio)에서는 작동 및 운전상의 달생이 많으리라는 것.

라) GMC Fuels & Lubricants Dept. (Head; J. Colucci)의 시험결과 연료 절감도 되지않고 카부레타등의 특수조정이 따르지 않는한 겨울 운전엔 장애가 커 쓸모 없다는 결론.

마) Ford Motor Co.의 견해는 이미 배기 재순환 장치로 효과를 보고 있으므로 차량에 물탱크까지 설치해가며 Vereb 에탈존을 사용할 필요가 없다함.

바) Chrysler Co. Vehicle-emission Planning(Director: C. Heinen)에서는 Vereb 에탈존의 NO<sub>x</sub> 감소 효과를 확인하고 주행시험 결과를 기다리는 중이나 엔진의 급격한 부식을 우려.

사) 이와 흡사한 것으로 Goodyear Tire & Rubber Co. (Akron, Ohio)의 U. S. P. 3,822,119. 예를 들어 75% gasoline/25% tert-butyl alcohol/3%

water. 안정도가 높아 주유소 활용 가능성.

아) United Internal Research Inc.에서 개발한 10%-물/휘발유(유화제: Hydrelate)도 주행시험중인데 leaded gasoline과 비슷한 가격으로 대등한(옥탄가 91) 성능을 나타내며 NO<sub>x</sub> 발생량은 65% 감소된 다 함.

#### (8) 제철소 고로 취입시험(Esso/ATH 특허)

가) Esso AG Research Labs. (Harburg)와 August Thyssen Hütte(Germany)의 공동연구. 증유 대신에 검댕이 발생이 적은 3—13% 물/증유 에탈존을 고로에 취입함으로써 증유 취입량을 60—90kg/t에서 140kg/t으로 높여 코크스 절약.

나) 물방울 크기 2μ, 분산된 연료방울의 크기는 25—40μ. 처음에는 Colloid mill로 유화. 이의 결정은 중간 탱크, metering pumps, 유화제 첨가등의 필요와 유화중의 온도 상승 20—30°C. (1970. 6)

다) Gaulin homogenizer로 대치하여 결정 극복. 압력으로 물방울 크기 조절, 회전수로 유량 조절, 온도 상승 5°C, 공급압 140kg/cm<sup>2</sup>, 높은 안정성. 시설비의 예로는 10t/h의 Gaulin homogenizer MC 18이 \$28,700, 부수 설비와 예비부속 \$4,900. (1970. 10)

라) Dominion Foundries & Steel, Ltd. (Hamilton, Canada)에서도 Dofasco 고로에 사용시험결과 채택되어 본격적 설비중. 에탈존 사용으로 증유 취입량 30% 증가. 선철생산량의 1% 감소는 산소부하로 극복.

마) 용선중의 유황분 증가문제. 슬랙 B/A를 높이는 대신에 출선후 탈황(0.045% S).

#### 부록 3 : 진행중인 에탈존 기초연구

가) Princeton University (Princeton, N. J.)의 I. Glassman, F. L. Dryer, D. W. Naegeli 등에 NSF 연구비 \$120,000. 기초연구(농도, 입도, 압력등의 효과). 2년후 디젤엔진에의 응용연구 계획.

나) Adelphi University의 Prof. J. Dooher는 연료속 물방울의 microexplosion 사진촬영 계획. 또한 Princeton에서의 "Emulsified Fuels for a Combustion Workshop"도 주관하였음. (후원자: American Physical Society, NSF, Federal Energy Administration, Electric Power Research Institute).

다) Battelle Memorial Institute(Columbus, Ohio)에서 1968—70년간에 NAPCA(EPA 전신)과의 계약연구.

둘/No. 2 경유 및 물/중유 에멀존의 제조법과 특성을 주로연구. 일부 연소시험.

## 감 사

에멀존 연료에 대한 문헌조사를 제의하고 많은 토의를 같이 해주신 박원희박사(화학공정연구실장), 박원훈박사 두 분께 감사를 드립니다.

## 문 헌

- 1) W. C. Griffin, "Emulsions," in Kirk-Othmer Encyclopaedia of Chemical Technology, 2nd ed., Vol. 8, 117—154.
- 2) "Oil and water do burn—and save fuel," Fueloil & Oil Heat, 45—46 (February, 1974).
- 3) "Water oil mix cuts fuel use," National Engineer, 10—11 (February, 1974).
- 4) N. Iammartino, "Can water help fuel burn?" Chemical Engineering, 84—88 (November 11, 1974).
- 5) L. H. Rees, "Evaluating homogenizers for chemical industries," Chemical Engineering, 86—92 (May 13, 1974).
- 6) H. M. Ashton, "Water-in-oil emulsions increase hydrocarbon injection rate in blast furnaces," Iron and Steel International, 226—230 (June, 1973).
- 7) E. J. Murry, "An ultrasound future or a sound sleep," Chem Tech, February, April, June (1975).
- 8) L. H. Rees, private communication (July 2, 1975).
- 9) J. D. Ashton and J. E. R. Holditch, "Homogenized oil injection at Dofasco," 34th Ironmaking Conference, Toronto (April, 1975).

