

## 바이오중유의 저장안정성 및 악취특성 연구

장은정<sup>1</sup> · 박천규<sup>1</sup> · 이봉희<sup>2,†</sup>

<sup>1</sup>한국석유관리원 석유기술연구소, <sup>2</sup>충북대학교 화학공학과

### A Study on the Storage Stability and Malodor of Bio-Fuel oil

EUN-JUNG JANG<sup>1</sup>, CHEON-KYU PARK<sup>1</sup>, BONG-HEE LEE<sup>2,†</sup>

<sup>1</sup>Korea Petroleum Quality & Distribution Authority, 33 Yangcheong 3-gil, Ochang-eup, Cheongwon-gu, Cheongju 28115, Korea

<sup>2</sup>Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University, Chungdae-ro 1, Seowon-gu, Cheongju 28644, Korea

<sup>†</sup>Corresponding author :  
bhlee@chungbuk.ac.kr

Received 27 October, 2017  
Revised 4 December, 2017  
Accepted 29 December, 2017

**Abstract >>** As Korean government has activated the renewable portfolio standard (RPS) since 2012, producers have been seeking and using the various renewable resources to meet the RPS quota. One of these efforts, Power Bio-Fuel oil demonstration project is being conducted to check the operability and compatibility with fossil fuel, Fuel oil (B-C) from 2014. The oil is a mixture of vegetable oil and animal fat or fatty acid ester of them and should satisfy some specification to use the power generation. The oil's quality and combustion characteristics are different from conventional oil, Fuel oil (B-C) in current power plant facility. In this study, it was investigated the storage stability and malodor intensity of Bio-Fuel oil.

**Key words :** Renewable portfolio standard(신재생에너지 공급 의무화제도), Bio-fuel oil(바이오중유), Vegetable oil and animal fat(동식물성 유지), Fuel properties(연료물성), Storage stability(저장안정성), Malodor(악취)

## 1. 서론

전 세계적으로 에너지 안보 및 지구온난화 방지 측면에서 에너지원 다양화 및 온실가스 저감을 위한 신재생에너지 보급활성화 정책이 중요시되고 있다. 우리나라는 에너지 소비량 및 온실가스 배출량은 세계 10위 이내로 높은 반면 대부분의 에너지를 해외에서 수입하고 있어 신재생에너지 보급 필요성이 더욱 강조되고 있다. 이에 따

라, 정부는 2008년과 2014년에 1, 2차 ‘국가에너지 기본계획<sup>1)</sup>’을 발표하여 2035년까지 신재생에너지 보급목표를 11%로 정하였고, 2017년에는 ‘신재생에너지 3020<sup>2)</sup>’을 통해 2030년까지 신재생에너지 발전량 비중을 20%까지 확대하는 전략을 수립하였다. 또한, 2015년에는 온실가스 배출량을 2037년까지 배출전망치(business as usual [BAU]) 대비 37% 감축하겠다는 국가 온실가스 감축목표<sup>3)</sup>를 설정하였다. 이러한 국가차원의 에너지 계획

및 온실가스 감축목표를 달성하기 위해 신재생에너지 의무혼합제도<sup>4)</sup>를 운영하고 있다. 신재생에너지 의무혼합제도는 에너지 소비 전 분야에 대해 시행 및 검토 중이다. 발전부문에서는 신재생에너지 공급 의무화제도(renewable portfolio standard [RPS]), 수송부문에서는 신재생에너지 연료 혼합의무화 제도(renewable fuel standard [RFS])가 시행 중이며, 열(난방)부문에서는 신재생열원 공급의무화 제도(renewable heat obligation [RHO]) 도입을 검토 중이다.

다양한 신재생에너지 의무보급제도 중 신재생에너지 공급 의무화제도(RPS)란 일정규모(500 MW) 이상의 발전설비를 보유한 발전사업자에게 총 발전량의 일정량 이상을 신재생에너지로 생산한 전력으로 공급하게 하는 의무화 제도이다. RPS 제도는 2012년 1월 1일부터 시행 중이며, 현재 공급의무자로는 발전 자회사 6개사(한국수력원자력, 한국중부발전, 한국서부발전, 한국남부발전, 한국동서발전, 한국남동발전), 민간 발전사업자 10개사(SK E&S, GS파워, GS EPS, 포스코에너지, MPC올촌전력, 평택에너지서비스, 대륜발전, 에스파워, 포천파워, 동두천드림파워), 공공기관 2개사(한국지역난방공사, K water)로 총 18개사이다. 의무공급량은 2012년 2%를 시작으로 2020년에는 총 전력생산량의 7%를 신재생에너지발전으로 달성하는 것인데, 2012년부터 2016년까지 연간 0.5%씩(단, 2014년, 2015년은 3.0%로 동일), 2017년부터 2020년까지는 연간 1.0%씩 상향시킬 계획이다. 2017년 정부의 ‘신재생에너지 2030’ 전략에 따르면 30년까지 신재생에너지 발전비율을 20%까지 확대할 계획이다.

RPS제도가 2012년부터 시행됨에 따라 발전사들은 의무공급량 이행을 위한 다양한 에너지를 고려하던 가운데 발전부문에서의 바이오연료 보급필요성이 대두되면서 발전용 바이오중유에 대한 검토가 시작되었다. 발전부문에서의 바이오연료를 사용하기 위해서는 적정 품질검증과 발전기 실증평가를 통한 품질 및 성능평가 기준 마련이

필요하며, RPS 제도를 위해서는 신재생에너지 공급인증서(REC) 가중치 인증 등의 관련 법령정비가 필요하다. 이에 따라 정부 및 이해당사자 간의 협의를 통해 관련 사항들을 정리하여 2014년 1월부터 발전용 바이오중유 시범보급사업을 추진하게 되었다.

‘발전용 바이오중유 시범보급사업 추진에 관한 고시’<sup>5)</sup>에 근거하여 2014년부터 2018년까지 5년간 시범보급사업이 수행 중이다. 현재 발전사업자는 발전 4사(한국중부발전, 한국서부발전, 한국 남부발전, 한국동서발전)와 한국지역난방공사가 지정되어 있고, 발전용 바이오중유 생산업자는 BD 공급사 및 유지사 등 22개사가 지정되어 있다. 연도별 바이오중유 공급량은 ‘14년 약 18만 kL, ‘15년 약 35만 kL, ‘16년 약 44만 kL이다.

고시 상 발전용 바이오중유란 동식물성유지(폐식용유 제외), 지방산 메틸(에틸) 에스테르 또는 이들을 혼합하여 고시상 품질기준에 맞게 생산한 제품을 말한다. 석유제품인 C중유는 구성성분이 파라핀, 나프텐, 올레핀, 방향족 등인 반면 바이오중유는 주성분이 트리글리세라이드(triglyceride), 지방산, 지방산 메틸(에틸) 에스테르 등이다. 바이오중유는 C중유 대비 이중결합이 많고 산소를 함유하고 있으므로 산화안정성이 낮고 반응성이 높고 고무재질을 팽윤시키며 흡습성이 높다. 또한 바이오중유 원료유지별 지방산 조성에 따라 저온특성이 열악하며, 기존 C중유와는 다른 특이한 냄새가 난다.

본 연구에서는 기존 중유발전소의 연료 저장조건에서의 바이오중유 저장안정성과 C중유 대비 바이오중유의 악취특성에 대해 평가하였다.

## 2. 실험

### 2.1 평가용 연료

실험에 사용된 바이오중유는 국내 발전용 바이오중유 생산업체로부터 공급받았으며, C중유는

**Table 1.** The fuel quality standards and test method of Bio-fuel oil

Property (unit)	Spec.	Test method	
Flash point (°C)	Min. 70	KS M ISO 2719	
Viscosity (50°C, mm <sup>2</sup> /s)	20-80	KS M ISO 3104	
Carbon residue (wt.%)	Max. 10	KS M ISO 10370	
Sulfur (wt.%)	Max. 0.05	KS M ISO 8754	
Ash (wt.%)	Max. 0.10	KS M ISO 6245	
Copper strip corrosion (50°C, 3h)	Max. 1	KS M ISO 2160	
Pour point (°C)	Max. 27	KS M ISO 3016	
Density (15°C, kg/m <sup>3</sup> )	Max. 991	KS M ISO 12185	
Water (wt.%)	Max. 0.30	KS M 0010	
Acid number (mg KOH/g)	Max. 25	KS M ISO 6618	
Alkali metal (mg/kg)	Na	Max. 70	AAS
	Ca	Max. 30	
	K	Max. 70	
Iodine number (g/100 g)	Max. 120	EN 14111	
Nitrogen (wt.%)	Max. 0.3	KS M 2112	
Vanadium (mg/kg)	Max. 0	ICP	
Gross heating value (kcal/kg)	min. 9,000	KS M 2057	
Water and sediment (vol.%)	Max. 0.5	KS M ISO 9030	
Si + Al + Fe (mg/kg)	Max. 200	ICP	
Phosphorus (mg/kg)	Max. 100	ICP	

정유사에서 황 함량 0.3 무계% 규격으로 공급받았다. Table 1에 나타난 시험방법에 따라 발전용 바이오중유 품질기준 항목을 분석하였다.

## 2.2 저장안정성 평가 시스템

실제 중유발전기에서는 카본스틸(carbon steel) 재질의 연료탱크에서 60°C로 연료를 저장하고 있는데, 이런 조건을 모사하고자 시험용기를 제작하였다. 카본스틸(carbon steel) 재질로 20 L 용량의 원통형 평가용기를 제작한 후 저장기간에 따른 상하층 시료를 채취하기 위해 상하층에 시료 토출구를 설치하였다. 상부 덮개에는 연료탱크와 같이 브리드(breath) 배관을 제작하였다(Fig. 1). 저장안

**Fig. 1.** Test vessel at 60°C oven

정성 평가용기에 시료를 16 L 채운 후 60°C 오븐에서 2개월간 보관하면서 2주 단위로 시료를 채취하여 물성 변화를 평가하였다. 평가항목은 연료의 산화와 관련된 품질항목인 밀도, 동점도, 전산가 및 요오드가와 산화생성물의 침전 여부 확인을 위한 물과 침전물, 저장기간 동안의 수분 변화를 측정하기 위한 수분함량이다.

## 2.3 약취 평가 시스템

C중유와 바이오중유의 상대적 약취강도 및 주요 약취성분을 분석하기 위해 반응기를 제작하여 시료의 약취를 발생시킨 후 포집하여 「약취방지법」에서 규정하고 있는 복합약취와 지정약취 22종<sup>6)</sup>에 대해 평가하였다.

60°C의 반응기에 평가시료 500 mL를 넣고 질소(N<sub>2</sub>)가스를 1 L/min 유속으로 흘려주었다. 5분 정도 폭기(aeration)시킨 후 반응기 내부의 가스상 시료를 테들러백에 채취하였다(Fig. 2). 각각의 약취성분을 분석하기 위하여 채취한 시료는 우선 전단에 오존 스크러버가 연결된 DNPH (2,4-dinitrophenylhydrazine) 카트리지에 5분간 1 L/min의 유속으로 채취하였다. 다음으로는 0.1 L/min의 유속으로 고체흡착관에 5분간 흡착시켰고, 마지막으로 1 L/min의 유속으로 5분간 흡수액에 흡수시켰다. 포집된 시료의 약취항목별 분석은 Table 2



Fig. 2. Malodor reactor and sampling

에 나타난 악취공정시험기준<sup>7)</sup>에 따라 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 바이오중유 품질 특성

C중유와 바이오중유 3종에 대한 물리화학적 분석결과를 Table 3에 나타내었다. 팜유, 캐슈넛 오일 등의 동식물성유지로부터 유래한 바이오중유는 석유계품인 C중유 대비 인화점, 전산가, 요오드가, 금속분 등이 높았고, 점도, 황분, 질소분, 발열량 등은 낮은 특성을 나타냈다. 바이오중유의 원료물질 중 동식물성 유지함량이 높을수록 인화점은 높으며, 지방산 메틸(에틸) 에스테르나 지방산 함량이 높은 고산가 유지 함량이 높은 경우 인화점이 낮다. 바이오중유는 C중유 대비 가격경쟁력 확보를 위해 저가의 고산가 저급유지나

Table 2. The test method of odor measurement

Items	Test method	Test equipment
Complex odor	ES 09301	Air dilution olfactory method
Ammonia	ES 09302.1	Adsorption photometry
Methyl mercaptan	ES 09303.1	Gas chromatography
Hydrogen sulfide		
Dimethyl sulfide		
Dimethyl disulfide		
Trimethylamine	ES 090304.1	Gas chromatography
Acetaldehyde	ES 09305.1	Liquid chromatography
Propionaldehyde		
Butyraldehyde		
<i>n</i> -valeraldehyde		
<i>i</i> -valeraldehyde		
Styrene	ES 09306.2	Gas chromatography
Toluene		
Xylene		
Methyl ethyl Ketone		
Methyl isobutyl ketone		
Butyl acetate		
<i>i</i> -Butyl alcohol		
Propionic Acid	ES 09308.1	Gas chromatography
<i>n</i> -Butyric acid		
<i>i</i> -Valeric acid		
<i>n</i> -Valeric acid		

공정부산물 등을 전처리하여 고시상 품질기준에 맞게 혼합하여 사용하므로 중유 대비 전산가가 높게 나타난다. 또한 주성분인 트리글리세라이드에 결합된 지방산 특성상 이중결합 함량이 높으므로 요오드가도 높게 나타난다. 바이오중유는 바이오매스에서 유래된 알칼리금속, 인지질에서 유래된 인(P), 유통과정 중 혼합된 실리콘(Si), 철(Fe) 등으로 금속분 함량이 높다. 반면, 바이오매스에서 유래하므로 황 및 질소 함량은 낮고 합산소 연료이므로 발열량도 낮다. 동점도는 탄화수소의 탄소수가 증가할수록, 포화탄화수소일수록

**Table 3.** The physicochemical characteristics of Bio-fuel oil

Property (unit)	Specification	Fuel oil (B-C)	Bio-fuel oil			
			A	B	C	
Flash point (°C)	Min. 70	78	208	128	155	
Viscosity (50°C, mm <sup>2</sup> /s)	20-80	86.67	39.19	25.43	37.36	
Carbon residue (wt.%)	Max. 10	6.42	0.71	1.66	0.98	
Sulfur (wt.%)	Max. 0.05	0.27	0.01	0.02	0.01	
Ash (wt.%)	Max. 0.10	0.025	0.018	0.014	0.025	
Copper strip corrosion (50°C, 3 h)	Max. 1	1	1	1	1	
Pour point (°C)	Max. 27	27	0	15	3	
Density (15°C, kg/m <sup>3</sup> )	Max. 991	944.2	926.5	909.6	917.7	
Water (wt.%)	Max. 0.30	0.032	0.242	0.223	0.085	
Acid number (mg KOH/g)	Max. 25	0.8	7.2	24.0	11.7	
Alkali metal (mg/kg)	Na	Max. 70	9	19	41	6
	Ca	Max. 30	8	17	52	1
	K	Max. 70	11	6	15	1
Iodine number (g/100 g)	Max. 120	57.6	102.9	86.2	86.5	
Nitrogen (wt.%)	Max. 0.3	0.15	0.01	0.02	0.02	
Vanadium (mg/kg)	Max. 0	3	1	2	0	
Gross heating value (kcal/kg)	min. 9,000	10,512	9,370	9,513	9,484	
Water and sediment (vol.%)	Max. 0.5	1.2	0.2	0.1	0.1	
Si + Al + Fe (mg/kg)	Max. 200	30	90	75	29	
Phosphorus (mg/kg)	Max. 100	20	23	21	2	

증가하는데 바이오중유는 C중유 대비 이중결합이 많아 낮은 점도를 나타낸다. 이러한 연료특성으로 기존 중유발전기에 바이오중유 사용시 낮은 점도로 인한 펌핑 불량 및 분무패턴 변화, 높은 금속분 함량으로 인한 촉매피독 및 파울링(fouling) 등의 설비영향성을 나타낸다<sup>8)</sup>. 이에 대해 발전사들은 버너팁이나 연료펌프 등을 교체하여 분무조건을 최적화하고, 연료구매시 금속분 규격 규제 및 주기적인 설비 클리닝을 통해 해결하고 있다. 반면 황분이나 질소분 함량은 낮으므로 황산화물(SOx) 등의 대기오염물질 배출량이 낮아지는 환경적 효과가 있다.

### 3.2 바이오중유 저장안정성 평가 결과

발전사의 저장조건에서 C중유 대비 바이오중

유의 저장안정성 정도를 평가하기 위해 연료탱크를 모사한 시험용기를 제작하여 60°C로 유지되는 오븐에서 2개월간 C중유와 바이오중유 3종을 저장하였다. 2주 단위로 상층(upper)과 하층(lower) 시료를 채취하여 각각의 밀도, 동점도, 전산가, 요오드가, 물과 침전물을 평가하였다. Fig. 3과 Fig. 4에서 보는 바와 같이 동점도와 밀도는 저장기간에 따라 전반적으로 증가하는 추세이나 C중유 대비 변화량이 작았다. 연료가 산화되면 저비점 성분의 휘발과 검질 등의 산화생성물 생성으로 동일 부피 안에서의 질량 증가에 따라 밀도가 증가한다. 또한, 산화생성물에 의한 고분자 물질 생성으로 점도가 증가하게 된다. 저장온도(60°C)가 높지 않고 바이오중유의 주요 원료물질인 팜유에 천연 항산화 성분인 비타민E(토코페롤 등)와 비타민A(베타카로틴) 성분을 함유하고 있어<sup>9)</sup> 변화



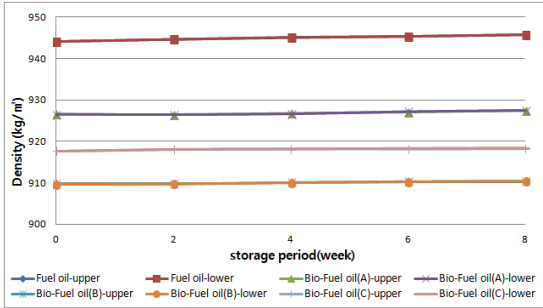


Fig. 3. Density as a function of storage time with storage container at 60°C oven

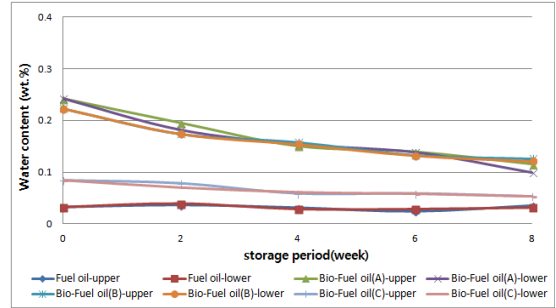


Fig. 7. Water content as a function of storage time with storage container at 60°C oven

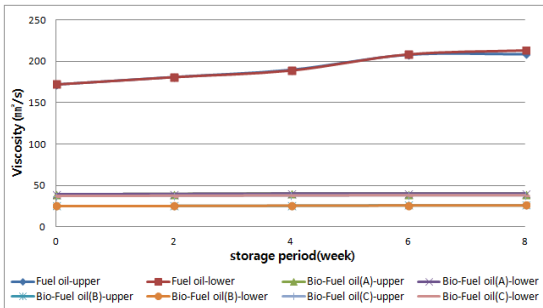


Fig. 4. Viscosity as a function of storage time with storage container at 60°C oven

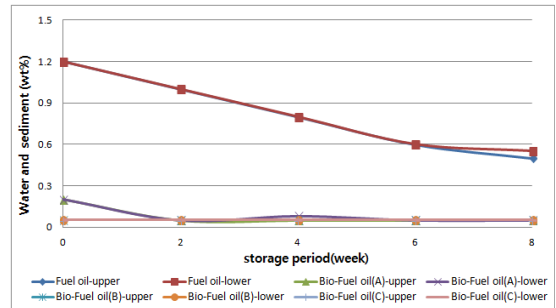


Fig. 8. Water and sediment as a function of storage time with storage container at 60°C oven

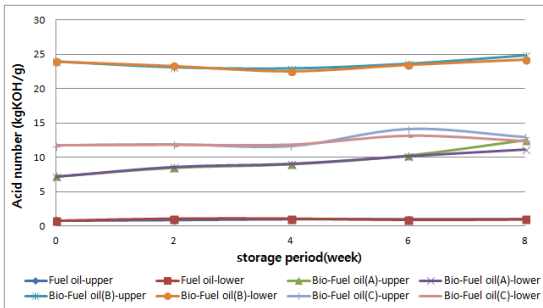


Fig. 5. Acid number as a function of storage time with storage container at 60°C oven

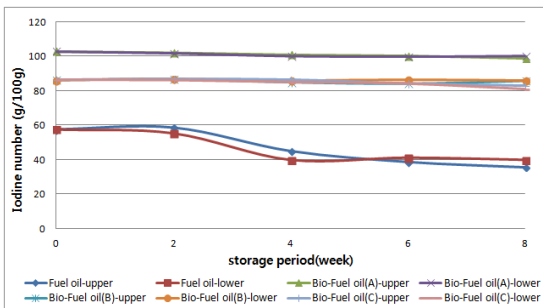


Fig. 6. Iodine number as a function of storage time with storage container at 60°C oven

량이 크지 않은 것으로 판단된다.

Fig. 5와 Fig. 6에서 보는 바와 같이 저장기간에 따라 전산가는 증가하고 요오드가는 감소하였다. 바이오중유의 산화에 의한 카르복실산, 알코올 및 알데하이드 등의 생성으로 전산가는 증가하며 C중유 대비 변화량이 컸다. 요오드가는 바이오중유의 불포화지방산의 이중결합이 산소와의 반응으로 인해 감소하였다.

바이오중유는 산소를 함유한 극성화합물로 물과의 상호 용해성과 흡습성으로 인한 대기 중 수분 혼입이 가능하여 유통 및 저장과정에서 수분 함량이 증가할 수 있다. 또한 실제 발전소에서 연료저장시 낮과 밤의 온도차와 기후로 인해 브리드(breath) 배관을 통한 대기 중 수분의 유입 및 응축으로 연료의 수분함량이 증가할 수 있다. 이러한 조건을 모사하기 위해 시험용기 뚜껑에 브리드 밸브를 설치하여 저장기간에 따른 수분 및 물과 침전물 함량을 평가하였다.

Fig. 7과 Fig. 8에서 보는 바와 같이 수분 함량 및 물과 침전물은 저장기간에 따라 감소하였다. 실제 발전소에서의 저장조건과는 달리 시험조건에서는 저장기간 동안 온도차 및 대기 중 습도의 변화가 없고 브리드(breath) 배관을 통한 지속적인 수분의 증발로 수분 함량과 물과 침전물이 감소한 것으로 판단된다.

C중유와 바이오중유 모두 60°C에서 2개월간 저장시 연료산화에 따른 밀도, 점도, 산가의 증가와 요오드가 감소하는 특성을 나타냈다. 전산가를 제외하고는 C중유 대비 바이오중유의 품질변화 정도가 작았으며 고시상 품질기준 내에서의 변화량을 나타냈다. 두 연료 모두 저장기간 동안 상하층의 물성 차이가 크지 않았다. 반면, C중유는 저장기간에 따른 휘발성 성분 손실로 인하여 밀도 및 동점도 등의 변화량이 크게 나타난 것으로 판단된다.

### 3.3 바이오중유 악취특성 평가 결과

C중유 대비 바이오중유의 상대적 악취강도와 바이오중유의 주요 악취유발 물질을 확인하기 위하여 실험실적으로 반응기에서 시료의 악취를 발생시킨 후 포집하여 악취 정도를 평가하였다. ‘악취방지법’에서 규정하고 있는 복합악취와 지정악취 22종에 대한 바이오중유와 C중유의 평가결과를 Table 4에 나타내었다. 복합악취 희석배수는 바이오중유가 10,000배, C중유가 100,000배로 C중유 대비 바이오중유가 1/10 수준으로 낮게 나타났다. 바이오중유는 C중유 대비 황 화합물 2종(메틸머captan, 다이메틸설파이드), 아민류 1종(트리메틸아민), 알데하이드류 3종(프로피온알데하이드, *i*-발레르알데하이드, *n*-발레르알데하이드), 유기산 2종(프로피온산, *n*-발레르산)의 함량이 높게 나타났다. 이 중 황 화합물과 트리메틸아민 농도 차이는 미미하다. 바이오중유는 경제성 확보를 위해 고산가 저급유지 및 공정부산물을 원료로 활용하므로 지정악취 물질 중 유기산류는 유지 자체의

Table 4. The result of malodor test for fuel oil and Bio-fuel oil

Items	Unit	Fuel oil	Bio-Fuel oil
Complex odor	times	100,000	10,000
Ammonia	ppm	1.0	0.5
Hydrogen sulfide	ppm	0.0066	ND
Methyl mercaptan	ppm	0.0024	0.0029
Dimethyl sulfide	ppm	0.0022	0.0055
Dimethyl disulfide	ppm	0.0033	ND
Trimethylamine	ppm	ND	0.004
Acetaldehyde	ppm	3.35	2.58
Propionaldehyde	ppm	3.21	5.76
Butyraldehyde	ppm	1.638	0.960
<i>i</i> -valeraldehyde	ppm	ND	0.115
<i>n</i> -valeraldehyde	ppm	1.033	2.707
Methyl ethyl Ketone	ppm	0.2831	0.1057
<i>i</i> -Butyl alcohol	ppm	26.6706	0.1124
Methyl isobutyl ketone	ppm	0.0258	0.0073
Toluene	ppm	4.3077	0.0625
Butyl acetate	ppm	1.6001	0.0041
Styrene	ppm	1.2309	0.0048
Xylene	ppm	5.3023	0.0235
Propionic Acid	ppm	ND	1.635
<i>n</i> -Butyric acid	ppm	0.667	0.260
<i>i</i> -Valeric acid	ppm	0.299	ND
<i>n</i> -Valeric acid	ppm	0.0382	0.047

\*ND: not detected

성분에서 유래되거나 연료의 산화에 따른 산화생성물에서 유래된 것으로 판단된다. 또한 알데하이드류는 바이오중유 산화생성물에서 유래된 것으로 판단된다. 황화수소, 다이메틸설파이드, *i*-발레르산 성분은 바이오중유에서 검출되지 않았다. 암모니아, 다이메탈설파이드, 뷰티르알데하이드, 톨루엔 등 휘발성유기화합물(VOCs)류 등은 C중유에서 높게 나타났으며, 특히 휘발성유기화합물류는 바이오중유 대비 악취농도가 크게 나타났다.

바이오중유 주요 원료물질들의 악취강도 확인을 위해 바이오중유 원료물질 8종에 대하여 복합악취를 분석한 결과를 Table 5에 나타내었다. 바이오중유 원료물질 중 팜 산유(palm acid oil, PAO),

**Table 5.** The result of malodor test for raw materials

Test sample	Complex odor (times)
Fuel oil	100,000
Bio-fuel oil	10,000
Palm acid Oil (PAO)	100,000
Palm fatty acid distillate (PFAD)	66,943
Mixed fatty acid	20,800
Animal fat	3,000
Biodiesel pitch	1,000
Cashew nut shell liquid (CNSL)	1,000
Refined bleached deodorized palm oil (RBDPO)	669
Palm stearin (PS)	144

팜 부산물(palm fatty acid distillate [PFAD]), 혼합 지방산과 같은 고산가 유지의 복합악취 희석배수는 높고 정제팜유(refined bleached deodorized palm oil [RBDPO]), 팜 스테아린(palm stearin) 등 정제유지의 희석배수는 낮았다. 특히 팜 산유(PAO)의 복합악취 희석배수는 C중유와 동일수준인 100,000배로 가장 높았으며, 팜 스테아린은 144배로 가장 낮았다. 팜 산유는 팜유 생산공정에서 발생한 폐수 저장소(pond)의 상층에서 회수한 기름으로 수분, 이물질 및 유기산 함량이 높고<sup>10)</sup> 저장과정에서 발생한 유지 산패로 인해 악취 정도가 큰 것으로 판단된다. 반면, 팜 스테아린의 경우 팜 원유를 탈검, 탈색, 탈취 등 물리적으로 정제시킨 정제팜유를 다시 저온 분리시켜 생산되므로 탈취 및 증류의 정제과정을 통해 악취물질이 제거되어 악취강도가 낮은 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 발전부문에서 바이오연료로 시범 보급 중인 바이오중유에 대한 연료품질 특성과 C중유 대비 저장안정성과 악취발생 정도에 대해 평가하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 바이오중유 품질분석 결과, C중유 대비 인

화점, 전산가, 요오드가, 금속분 등은 높고, 점도, 황분, 질소분, 발열량 등은 낮았다. 기존 중유발전기에 원액을 사용할 경우 저점도 등 바이오중유 연료특성을 고려하여 버너팁, 연료펌프 등 일부 설비의 개조 및 분무조건 최적화 등이 필요하다.

2) 저장안정성의 실험실적 평가 결과, 발전사 저장온도인 60℃에서 2개월 동안 보관시 밀도, 동점도, 산가는 증가하고 요오드가는 감소하였으나 품질기준 범위 내에서 변화량을 나타내었다. 실제 발전소에서는 대기 중 수분혼입 가능성이 있으므로 물성 변화 정도가 더 크게 발생할 수 있다.

3) 악취특성 평가 결과, 바이오중유는 C중유 대비 복합악취 강도는 1/10 정도 수준이며, 일부 알데하이드 및 유기산 성분을 제외하고 대부분의 지정악취 물질의 배출농도도 낮았다. 바이오중유 원료물질 중 팜 산유(PAO)와 같이 지방산 함량이 높은 고산가 유지의 복합악취 강도가 높게 나타났다.

#### 후 기

본 논문은 한국중부발전, 한국서부발전, 한국남부발전, 한국동서발전, 한국지역난방공사의 ‘발전용 바이오중유 상용화 기반마련 연구’의 지원을 받아 수행하였으며 이에 감사드립니다.

#### References

1. “The 2nd Basic Energy Plan”, 2014, Ministry of Trade, Industry & Energy.
2. “The New and Renewable Energy 3020 Strategy”, 2017, Ministry of Trade, Industry & Energy.
3. “National Green House Gas Reduction Target”, 2015, Ministry of Environment.
4. “Act on the Promotion of the Development, Use and Diffusion of New and Renewable Energy”, Enforced Date 23, September, 2016, No. 14079.
5. “Notification of Power Bio-Fuel oil Demonstration Business”, 2014, Ministry of Environment.
6. “Malodor Prevention Act”, Enforced Date 25, September, 2014, No. 12520.



7. Notification of "Standard Method of Odor Compounds", 2017, Ministry of Environment.
8. E. J. Jang, J. Y. Park, K. I. Min, E. S. Yim, J. H. Ha, and B. H. Lee, "A study on the quality characteristics of Power Bio-Fuel oil for alternative fuel oil", Journal of Korean Oil Chemists' Soc., Vol. 31, 2014, pp. 564-569.
9. A. D. Keonardis and V. Macciola, "Heat-oxidation stability of palm oil blended with virgin olive oil", Food Chemistry, 2012, Vol. 135, pp. 1769-1776.
10. E. J. Jang, J. Y. Park, K. I. Min, E. S. Yim, J. H. Ha, and B. H. Lee, "A study on the quality characteristics of Feedstocks for Power Bio-Fuel oil", Journal of Korean Oil Chemists' Soc., Vol. 32, 2015, pp. 136-147.