

## 저압 SCR을 위한 디젤발전기 배기가스 온도 변화

홍철현\* · 이창민\*\* · 이상득\*\*\*†

\*, \*\* 한국해양대학교 해사산업대학원 석사, \*\*\* 한국해양대학교 해사대학 교수

Temperature Variation of Exhaust Gas in Diesel Generator  
for Low Pressure SCR

Chul Hyun Hong\* · Chang Min Lee\*\* · Sang Duk Lee\*\*\*†

\*, \*\* Student, Graduate School of Maritime Industries, Korea Maritime &amp; Ocean University

\*\*\* Professor, College of Maritime Sciences, Korea Maritime &amp; Ocean University

**요 약** : L.P SCR의 촉매 반응을 위해 선박의 발전기용 4행정 디젤엔진의 배기가스 온도를 높게 설계 할 수밖에 없었다. 본 연구의 목적은 밸브개폐시기와 연료분사시기를 조절을 통한 배기가스의 온도 감소가 L.P SCR의 운전조건을 만족시키고 고온으로 인한 발전기 엔진의 사고를 예방하기 위함이었다. 배기가스 온도를 하강시키기 위해 캠샤프트의 각도를 조정하고 연료분사펌프의 Shim을 추가하였다. 그 결과 최대폭발압력은 12.8 bar 증가하였고 터보차저 출구온도 평균값은 13.3 °C 하강하였다. 터보차저 출구에서 SCR 입구까지의 열손실을 감안하더라도 L.P SCR 운전조건인 SCR 챔버 입구 온도인 290 °C를 만족하였다. 배기가스 온도 하강을 통해 디젤발전기의 안전운전이 가능하게 한 연구였다.

**핵심어** : 저압 선택적환원촉매, 질소산화물, 4행정 디젤발전기, 배기가스 온도, 터보차저

**Abstract** : To facilitate low-pressure selective catalyst reduction (L.P SCR), a high exhaust-gas temperature of a four-stroke diesel engine for a ship's generator is required. This study aimed at reducing the exhaust-gas temperature by adjusting the valve open-close timing and fuel injection timing to satisfy the operating conditions of L.P SCR and prevent accidents associated with the generator engine due to high temperature. To lower exhaust-gas temperature, the angle of the camshaft was adjusted and the shim of the fuel injection pump was added. As a result, the maximum explosion pressure increased and the average of the turbocharger outlet temperature dropped. Considering the heat loss from the turbocharger outlet to the SCR inlet, the operation condition for L.P SCR was satisfied with 290 °C. The study demonstrates that safe operation of a diesel generator can be achieved by lowering the exhaust-gas temperature.

**Key Words** : L.P SCR (Low Pressure Selective Catalyst Reduction), NOx, Four-Stroke Diesel Generator, Exhaust Gas Temperature, Turbo-Charger

## 1. 서 론

IMO(국제해사기구)는 선박용 디젤엔진의 배기오염 배출 물질을 강화하기 위하여 선박용 디젤엔진의 배기가스에 포함된 질소산화물(NOx)의 농도를 일정기준 이하로 감소시킬 것을 규정하는 해양오염방지협약인 MARPOL Annex VI 협약을 시행 중이다(Won and Hong, 2019).

이에 따라 한국해양대학교 실습선 한나라호 역시 IMO

Tier III 규제가 동일하게 적용되어 주 기관 및 발전기관에 L.P SCR이 설치되었다.

SCR 시스템은 배기파이프라인 배치도와 형태에 따라 고압식과 저압식으로 나뉘게 된다. SCR의 설치가 터보차저 전단에 있으면 고압식이고 후단에 있으면 저압식이 된다. H.P SCR은 저 유황유, 고유황유를 모두 사용할 수 있고 컴팩트한 디자인이며 배기열을 효과적으로 사용할 수 있다. L.P SCR은 황산에 의한 터빈 블레이드의 부식 때문에 0.1% 이하의 저유황유만 사용할 수 있지만 배치에 있어 고압식보다 더 자유로우며 디젤발전기와 터보차저 터빈의 퍼포먼스에 영향을 덜 받기 때문에(Ni et al., 2020a) 본 연구가 이루어진

\* First Author : bluefifa@kmou.ac.kr, 051-410-4477

† Corresponding Author : sdlee@kmou.ac.kr, 051-410-4472

선박에는 LP SCR이 채택되었다.

LP SCR의 운전조건이 연료유의 황함유량이 0.1% 이하이어야 하며 촉매 반응을 일으키는 SCR 입구에서의 배기가스 온도가 최소 290℃ 이상이 되어야 하기 때문에 발전기의 각 실린더의 배기가스 출구 온도를 높게 설계 할 수밖에 없었다. 디젤엔진의 배기온도가 높아지게 되면 엔진의 각종 시스템 온도가 높아지게 되고 그에 따른 정비주기와 부속품의 수명이 단축되거나 고온으로 인한 사고로 이어져 안전운행에 치명적인 결과를 초래 할 수 있다.

실제 디젤발전기 50% 부하 운전 중 터보차저 출구 온도가 400℃를 초과하여 터보차저 배기가스 출구 측의 고온 경보 값이 450℃이며 육박하기도 하였다. 입출항 스러스터 작동 시 발전기의 급격한 부하변동, 하절기 공기조화시스템의 압축기 작동, 동남아시아와 같은 혹서기 환경에서의 발전기 운전은 엔진 시스템의 추가적인 온도상승의 원인이 되며 배기가스 온도 하강은 필히 시행되어야 했다. 지금까지 SCR 관련된 연구는 많이 진행되어왔다. Peiyong Ni는 갈수록 엄격해지는 규정을 만족시키기 위하여 선박디젤엔진 배출가스를 감소시키기 위한 전략과 다양한 기술의 실험, 선박용 디젤엔진 배기가스의 현재 상황과 전 세계 선박용 디젤엔진을 위한 배출 표준을 리뷰 하였다(Ni et al., 2020b). Hasan ustun Basaran은 저부하 디젤엔진 내 배기가스 온도 상승에 대한 밸브타이밍의 적용에 대한 효과를 연구하였다(Basaranet and Ozsoysal, 2017). Ali Keskin은 저온의 배기가스에서 금속 기반의 SCR 촉매가 디젤엔진의 NOx 배출량에 미치는 영향에 대해 연구하였다(Keskin et al., 2020). 선박용 디젤기관에서 배출되는 질소산화물은 연소실내에 고압으로 분사된 연료분무가 공기와의 혼합, 증발, 연소의 과정에서 생성된다. NOx 배출수준은 엔진에 공급되는 공기의 온도와 압력에 의해 영향을 받으며 연료분사시기에 기인한 최대폭 발압력의 영향을 크게 받는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2002). 그러므로 본 연구에서는 배기가스 온도를 정상 범위로 하강시키기 위하여 캠샤프트의 각도 변경으로 밸브개폐시기를 조정하고 연료분사펌프를 이용해 연료분사시기를 조정하였다. SCR 운전 조건을 만족시키는 범위 내에서 튜닝을 시행하였고 배기 시스템 부속품의 고온으로 인한 사고를 방지하고 보다 안전한 조건에서 발전기용 디젤엔진의 운전이 가능해 질 것으로 판단된다.

## 2. 실험장치 및 연구방법

### 2.1 실험 개략도

Fig. 1에 디젤발전기 LP SCR 시스템의 개략도를 그림으로 나타내었다.

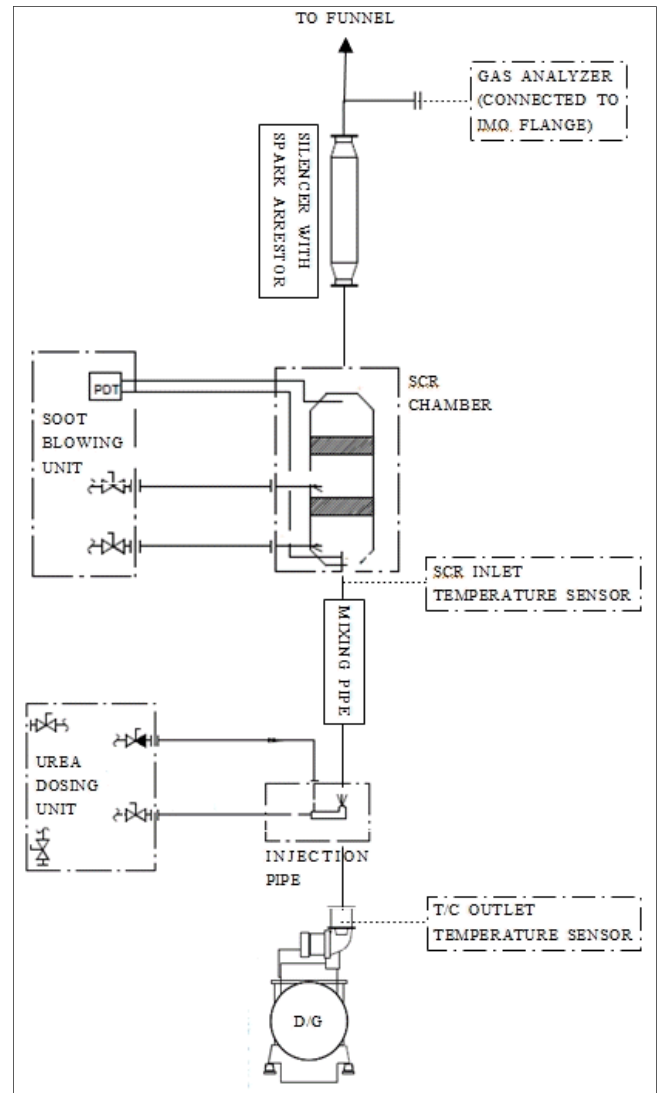


Fig. 1. Layout of experiment.

### 2.2 실험 장치

본 실험에 사용된 4행정 디젤발전기, 터보차저, 배기가스 온도센서, LP SCR의 주요 제원을 Table 1 ~ Table 4로 나타내었다.

저압 SCR을 위한 디젤발전기 배기가스 온도 변화

Table 1. Specification of diesel generator

Turbocharger	Description
Maker & Model	HYUNDAI HIMSEN 6H21/32
Type of engine	4-stroke, vertical, direct injection, single acting and trunk piston type with turbocharger and intercooler
Cylinder Configuration	In-line
Rated Speed (rpm)	900
Power per Cylinder(kW)	200
Cylinder Bore (mm)	210
Piston Stroke (mm)	320
Swept Volume per Cylinder (dm <sup>3</sup> )	11.1
Mean Piston Speed (m/s)	9.6
Mean Effective Pressure (bar)	24.1
Compression Ratio	17:1
Direction of Engine Rotation	Clockwise, Viewed from Generator Side (Non-Reversible)
Cylinder Firing Order	1 - 4 - 2 - 6 - 3 - 5
Exh.Gas Temperature	280℃ (After T/C)
Exh.gas Amount (kg/h)	8,880 (100 % Load)
NOx Gas Amount (g/kWh)	9.2 g/kWh (Tier II limit)
Sulfur Contents In Fuel Oil	Max 3.5 % (SCR Off)

Table 2. Specification of Turbocharger

Turbocharger	Specification
Maker	ABB
Type	A135-M65
HT	569293
Weight	270 kg
Max Temp.	630 ℃

Table 3. Exh.gas temperature. outlet T/C sensor

Exh.gas temperature. outlet T/C sensor	Specification
Maker	Heriana
Range	TAH27 450 ℃

Table 4. Specification of L.P SCR

Turbocharger	Unit	Target	Remark
NOx emission value after SCR			IMO Tier III compliance
6H21/32, 900rpm	g/kWh	2.31	
Press drop across SCR	mmAq	≤ 150	without silencer module
Ammonia slip	ppm	≤ 10	
Fuel oil type for SCR operation	Sulfur %	≤ 0.1	LS MGO
Max. allowable exhaust gas temp	℃	≤ 400	

2.3 연구 방법

Camshaft 각도와 연료분사펌프 Shim 조정 시 디젤발전기 4 대의 평균 운전 시간이 약 1244시간 정도였으며 배기가스 온도에 영향을 주는 요인은 터보차저의 상태 및 배기 저항, 흡배기 밸브의 기밀상태, 소기온도, 연료분사밸브, 엔진부하, 연료유 종류, 외기온도 등 매우 많으며 튜닝 전 후 부속품의 상태와 외부 조건이 동일하다는 가정 하에 튜닝을 실시하고 비교 분석하였다.

2.3.1 캠샤프트 각도 조정

배기 상사점 근처에서 흡배기 밸브가 겹쳐있는 구간을 밸브 오버랩 구간이라고 한다. 밸브 오버랩의 부분에서 배기 밸브가 배기 상사점을 지난 후에도 열려 있으면 배기가스의 관성에 따라 실린더에 남은 배기가스가 빠져나와 배기가스의 배출이 촉진된다. 밸브 오버랩 구간을 크게 하는 이유는 연소실 주변의 열 부하를 경감하고 잔류가스를 적게 하기 위함이다(Lee, 2004; Jeon and Choi, 2004). 즉, 밸브 오버랩 구간을 증가시켜 소기량을 확보하고 후 연소 시간을 줄여 완전연소를 이끌어내면 배기가스 온도가 하강한다. Table 5에 서와 같이 +0.5°에서 -1.0°로 -1.5° 지각시켰다. 소기량의 증가는 고온연소 시 배기가스의 온도저하에도 영향을 주므로 NOx량이 더욱 감소되는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2001). 캠샤프트를 1.5° 지각 하였으므로 4행정 디젤발전기의 Flywheel은 3° 지각하게 된다. 캠샤프트를 지각하게 되면 연료캠도 지각되고 연료분사시기가 늦어지기 때문에 최대폭 발압력이 하강하며 후연소 시간의 증가로 인해 배기가스 온도가 증가하게 된다.

Fig. 2는 캠샤프트 각도 조정 시 확인해야 할 부분에 대해 Instruction manual에 나와 있는 부분을 발췌하여 나타낸 그림이다. Disc side와 Gear side에 마킹된 Position을 참고하여 진각 또는 지각으로 조정을 한다.

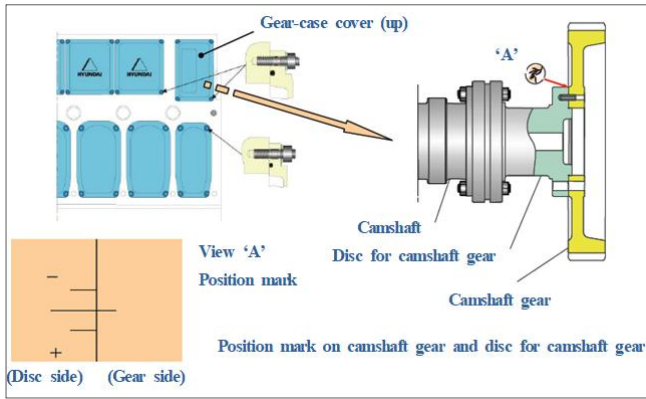


Fig. 2. Adjustment of camshaft angle (HIMSEN, 2019).

Fig. 3은 캠샤프트 각도를 실제로 조정하는 모습을 나타낸 사진이다.

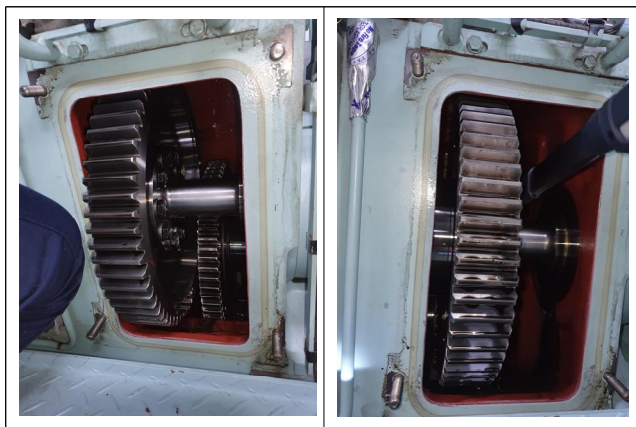


Fig. 3. Angle adjustment of camshaft.

캠샤프트의 각도 조정 전 후 비교를 Table 5에 나타내었다.

Table 5. Adjustment of Camshaft Angle

No.	Camshaft angle	
	Before	After
No.1 D/G	+ 0.5 °	- 1.0 °
No.1 D/G	+ 0.5 °	- 1.0 °
No.1 D/G	+ 0.5 °	- 1.0 °
No.1 D/G	+ 0.5 °	- 1.0 °

### 2.3.2 연료분사펌프의 Shim 추가

앞선 캠샤프트를 지각 시킨 것에 대한 보상으로 연료분사펌프의 shim을 추가하여 연료분사시기를 앞당겼다. No.1~4 D/G의 연료분사펌프의 shim을 Table 6~9와 같이 +0.8~0.9 mm로 추가하였다. 0.1 mm 증가시키면 최대폭발압력이 2 bar 상승하게 된다(HIMSEN, 2019). 소기량을 증가시키기 위해 캠샤프트의 각도를 지각시켜 밸브 오버랩 기간을 늘리면 전체적인 배기가스 온도가 떨어지지만 연료캠의 지각에 의해 연료분사시기가 늦춰져 배기가스 온도가 다시 올라가게 된다. 연료캠이 지각된 부분을 보상하기 위해 연료분사펌프의 shim을 추가하여 최대폭발압력을 증가시켰다. 일반적으로 분사시기를 앞당겨 실린더 내 최대폭발압력이 올라가면 후연소기간이 짧아지게 되고 완전연소를 이뤄내기 때문에 배기가스 온도가 하강하게 된다. No.1~4 D/G의 연료분사펌프의 Shim 조정 정도를 Table 6~9에 나타내었다. Fig. 4는 연료분사펌프의 분사시기를 조정하는 기부속이며 왼쪽이 Plate, 오른쪽이 Shim이다.

Table 6. Adjustment of Camshaft Angle (No.1 D/G)

No.1 D/G	Before	After
No.1 CYL	13.0 mm	13.9 mm
No.2 CYL	13.1 mm	14.0 mm
No.3 CYL	13.1 mm	14.0 mm
No.4 CYL	13.1 mm	14.0 mm
No.5 CYL	13.1 mm	14.0 mm
No.6 CYL	13.1 mm	14.0 mm

Table 7. Adjustment of Camshaft Angle (No.2 D/G)

No.1 D/G	Before	After
No.1 CYL	13.3 mm	14.1 mm
No.2 CYL	13.3 mm	14.1 mm
No.3 CYL	13.3 mm	14.1 mm
No.4 CYL	13.3 mm	14.1 mm
No.5 CYL	13.2 mm	14.0 mm
No.6 CYL	13.3 mm	14.1 mm

Table 8. Adjustment of Camshaft Angle (No.3 D/G)

No.1 D/G	Before	After
No.1 CYL	13.2 mm	14.0 mm
No.2 CYL	13.2 mm	14.0 mm
No.3 CYL	13.1 mm	13.9 mm
No.4 CYL	13.3 mm	14.1 mm
No.5 CYL	13.2 mm	14.0 mm
No.6 CYL	13.3 mm	14.1 mm

Table 9. Adjustment of Camshaft Angle (No.4 D/G)

No.1 D/G	Before	After
No.1 CYL	13.4 mm	14.2 mm
No.2 CYL	13.5 mm	14.3 mm
No.3 CYL	13.4 mm	14.2 mm
No.4 CYL	13.5 mm	14.3 mm
No.5 CYL	13.5 mm	14.3 mm
No.6 CYL	13.4 mm	14.2 mm

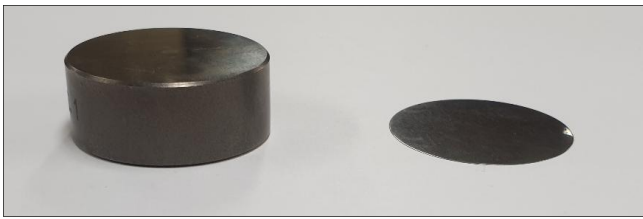


Fig. 4. Plate & shim.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 디젤발전기 터보차저 출구 온도 비교

디젤엔진의 튜닝 전후의 T/C outlet temp. 차이를 Fig. 5에서 Fig. 8까지 부하 25%, 50%, 75%에서 선형 그래프로 나타내 보았다. 부하 25%에서는 소기 압력이 약 0.5 bar, T/C rpm이 30,000 이하이며 실린더 내로 흡입되는 소기량이 저하되면서 체적효율이 떨어져 온도하강이 두드러지지 않았다. T/C outlet Temp.의 평균값이 377.8°C에서 364.5°C로 13.3°C 하강하였다.

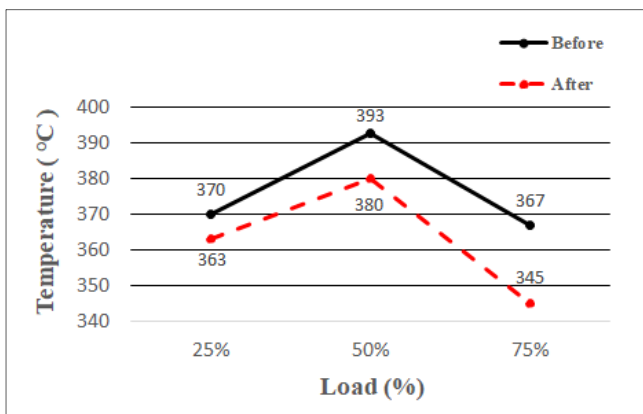


Fig. 5. T/C outlet temperature comparison of No.1 D/G.

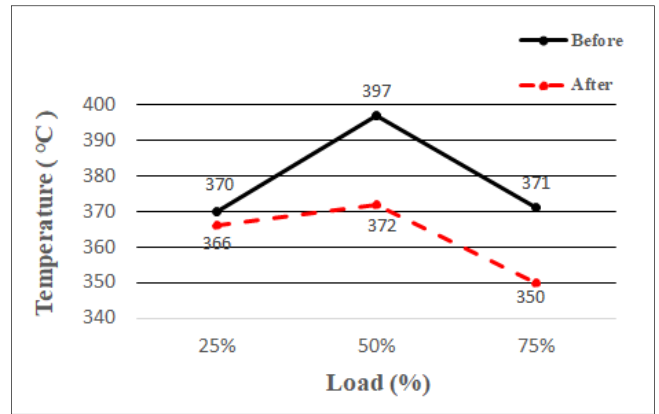


Fig. 6. T/C outlet temperature comparison of No.1 D/G.

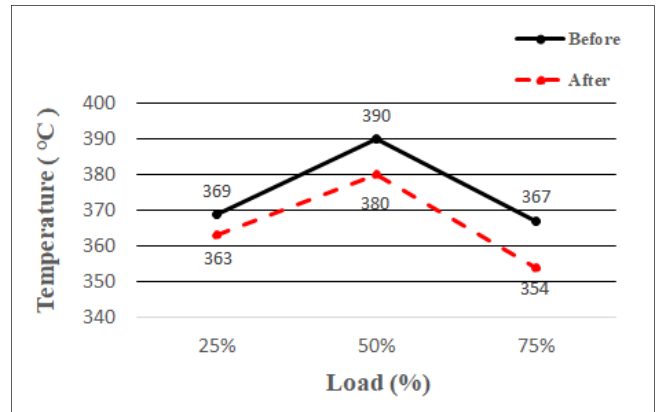


Fig. 7. T/C outlet temperature comparison of No.1 D/G.

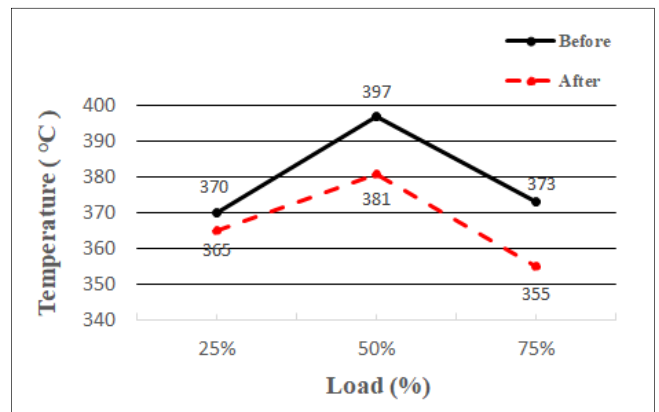


Fig. 8. T/C outlet temperature comparison of No.1 D/G.

### 3.2 디젤발전기 시운전 결과 비교

No.1~4 D/G 튜닝 전후의 데이터를 Table 10~13으로 나타내었다. 25%, 50%, 75%의 부하를 비교 분석 하였으나 25%, 50%의 시운전 데이터에서 최대폭발압력 등의 데이터가 없고 발전기의 사용 부하영역이 주로 50%~75% 사이이므로 75%에서 비교 하였다. 4대의 4행정 디젤발전기를 부하 75%로 최대한 가깝게 맞추려 노력하였으나 선박의 전력부하 사용이 계속 변화하여 약간의 차이가 있음을 고려한다. Table 10~13의 결과로 볼 때 배기가스 출구온도의 평균값 6.4℃ 하강, 최대폭발압력 평균값이 12.8 bar 상승, 터보차저 출구 온도 18.5℃ 하강을 확인할 수 있다.

Table 10. Result of onboard Test (No.1 D/G, Load 75%)

	Before	After
Running hour	-	1277
Engine load (kw)	788	782.4
Governor index	75.0	74.5
T/C rpm	41930	42962
Charge air pressure.	2.3	2.4
Charge air temperature	38	37
Exh. gas temperature (mean, °C)	440.2	433.2
T/C outlet temperature (°C)	371	350
Pmax (mean, bar)	140.5	156.0
Pump index	19	18.5

Table 11. Result of onboard Test (No.2 D/G, Load 75%)

	Before	After
Running hour	-	1183
Engine load (kw)	788	793.7
Governor index	75.0	75.6
T/C rpm	41400	42563
Charge air pressure.	2.3	2.4
Charge air temperature	38	37
Exh. gas temperature (mean, °C)	441.2	436.5
T/C outlet temperature (°C)	367	354
Pmax (mean, bar)	141.3	149.0
Pump index	17	18.5

Table 12. Result of onboard Test (No.3 D/G, Load 75%)

	Before	After
Running hour	-	1330
Engine load (kw)	788	779
Governor index	75.0	74.2
T/C rpm	41720	42902
Charge air pressure.	2.3	2.3
Charge air temperature	38	37
Exh. gas temperature (mean, °C)	450.2	444.0
T/C outlet temperature (°C)	373	355
Pmax (mean, bar)	140.7	152.7
Pump index	19	18.5

Table 13. Result of onboard Test (No.4 D/G, Load 75%)

	Before	After
Running hour	-	1185
Engine load (kw)	788	780.9
Governor index	75.0	74.4
T/C rpm	41190	42940
Charge air pressure	2.3	2.3
Charge air temperature	38	36
Exh. gas temperature (mean, °C)	440.2	432.5
T/C outlet temperature (°C)	367	345
Pmax (mean, bar)	140.3	156.2
Pump index	19	18.5

### 3.3 디젤발전기 배기가스 온도 비교

마지막으로 발전기용 L.P SCR 시운전 당시 엔진 데이터와 4행정 디젤엔진 튜닝후의 데이터 비교를 Fig. 9~12로 나타내었다. Fig. 5~8, Table 10~13의 T/C outlet temp. 값이 Fig. 9~12와 차이를 보이는 것은 데이터 계측 날짜와 당시 운전 조건이 서로 다르다는 것을 감안한다. SCR 입구에서의 온도 차이가 T/C 출구에서의 온도 차이보다 적은 것은 디젤발전기 운전시간 상승으로 인한 SCR 챔버 차압 증가로 판단된다. SCR 입구에서의 촉매 표면에 Soot, 먼지 등으로 인해 차압이 증가하면 SCR 입구에서의 배기가스 속도가 느려지면 온도 상승하는 결과가 나타난 것이다. Fig. 9~12의 그래프에서 알 수 있듯이 L.P SCR 운전조건인 SCR 입구 온도 290℃를 만족하였다



## 저압 SCR을 위한 디젤발전기 배기가스 온도 변화

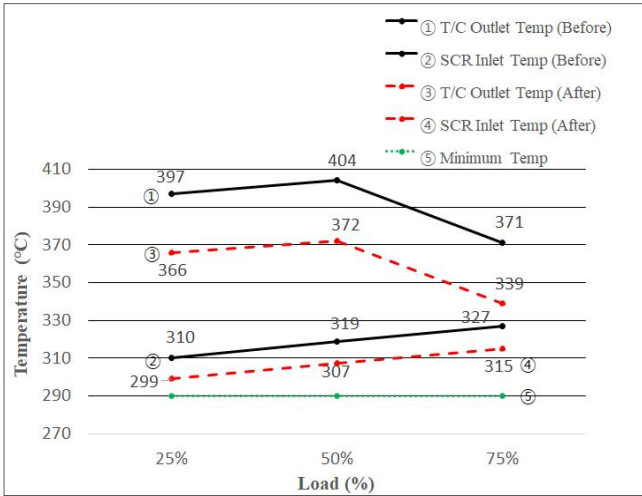


Fig. 9. Exh. gas temp. comparison of No.1 D/G

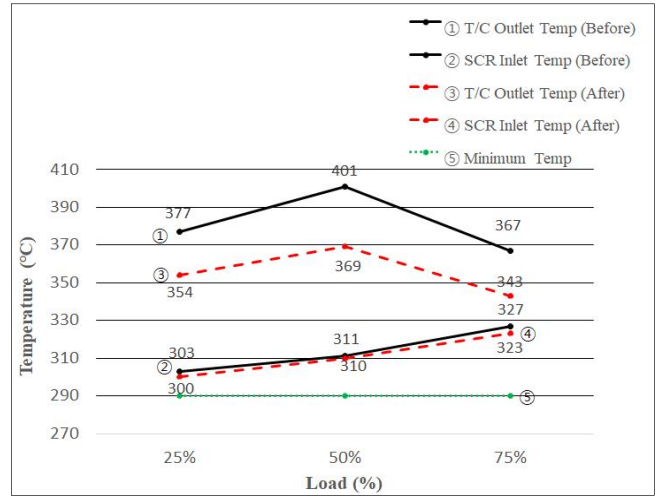


Fig. 12. Exh. gas temp. comparison of No.4 D/G

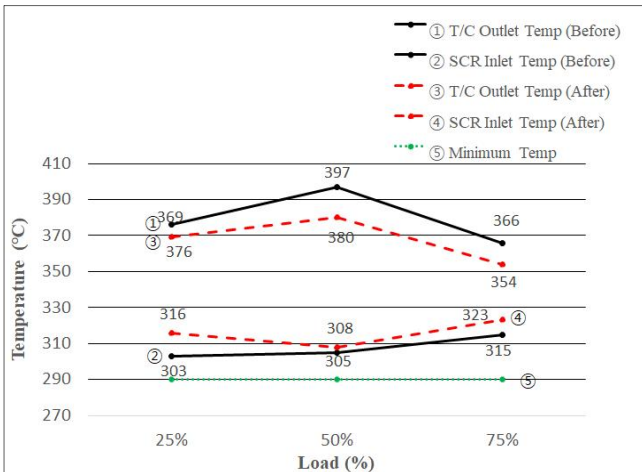


Fig. 10. Exh. gas temp. comparison of No.2 D/G.

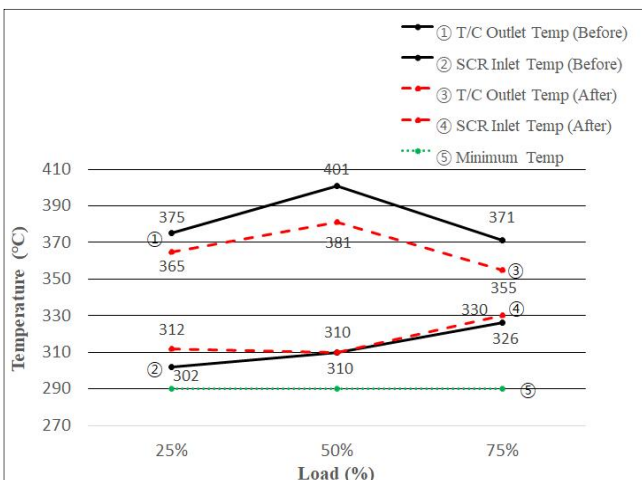


Fig. 11. Exh. gas temp. comparison of No.3 D/G.

### 3.4 L.P SCR의 NOx 배출량 비교

No.1~4 D/G의 튜닝 전 후의 NOx ppm을 50% 부하에서 비교하였으며 Fig. 13과 같이 선형그래프로 나타내었다. T/C rpm 상승으로 인한 소기압력 증가로 NOx ppm이 약 2.6% 상승한 170 ppm이었으며 NOx Technical Code의 기준인 Tier III에서의 2.3 g/kWh, 250 ppm을 만족하였다.

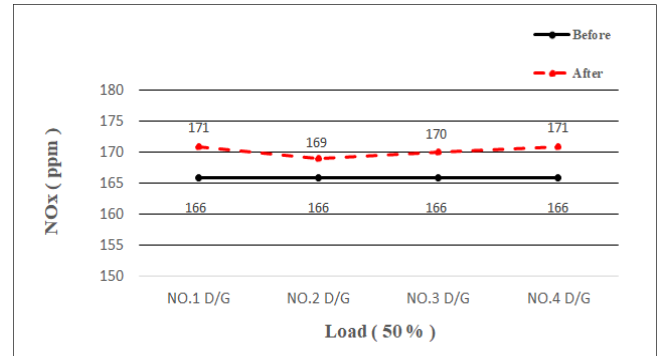


Fig. 13. NOx comparison of All D/G.

## 4. 결 론

L.P SCR 운전조건을 만족하는 범위 내에서 4행정 디젤발전기의 안전운전을 확보하기 위하여 밸브개폐시기와 연료 분사시기를 조정하여 터보차저 배기가스 온도하강에 관한 실험을 진행하면서 터보차저 출구에서부터 SCR 입구까지의 열손실을 최소화 하는 방법, 엔진기술이 고도화됨에 따라 배기가스 온도 감소에 따른 탈질촉매 연구와 배기시스템 부식에 대한 내구성 증진연구, 4행정 디젤발전기 튜닝 후의 부하에 따른 Emission 특성 비교, 연료소모량 및 퍼포먼스 측정

으로 엔진 효율과 출력변화 등에 관한 추가적인 연구가 필요하였으며 실험결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 연료분사펌프의 shim을 추가하여 NOx 배출에 가장 큰 영향을 미치는 최대폭발압력이 평균 140.7 bar에서 평균 153.5 bar로 12.8 bar 상승한 결과를 확인하였다.

2) 연료분사시기와 캠샤프트 각도조정(1.5°지각)으로 최대폭발압력 및 소기량 증가로 터보차저 출구 측 배기가스 평균온도가 377.8℃로 364.5℃로 13.3℃ 하강하였다.

3) 디젤발전기의 운전시간 증가는 LP SCR 챔버 차압과 입구 측 배기가스 온도 상승의 결과를 초래하였다.

4) NOx ppm은 디젤발전기 50% 부하에서 튜닝전보다 평균 약 2.6% 상승하였다.

5) 본 연구에서 시행된 밸브개폐시기와 연료분사시기 조정 방법이 LP SCR의 운전조건을 만족시키는 범위 내에서 4행정 디젤엔진의 배기가스 온도 하강에 효과적인 방법임을 도출해내었고 4행정 디젤발전기의 안전운전과 LP SCR의 정상운전도 가능성을 확인하였다.

Korean Society of Marine Engineering, p. 121.

- [8] Lee, J. Y(2004), An experimental study on characteristics of exhaust gas temperature with the change of spark timing and exhaust valve timing on cold start operation of and SI engine, Kookmin University, Graduate School of Automotive Engineering, Master's Thesis In Engineering, p. 10.
- [9] Ni, P., X. Wang, and H. Li(2020a), A review on regulations, current status, effects and reduction strategies of emissions for marine diesel engines, Journal of the ELSEVIER, Fuel 279, p. 9.
- [10] Ni, P., X. Wang, and H. Li(2020b), A review on regulations, current status, effects and reduction strategies of emissions for marine diesel engines, Journal of the ELSEVIER, Fuel 279, p. 12.
- [11] Won, J. M. and S. C. Hong(2019), Selective Catalytic Reduction (SCR) Technology Trend for the Removal of Nitrogen Oxide from Ship Flue Gas, KIC News, Volume 22, No. 5, p. 26.

## References

- [1] Basaran, H. U. and O. A. Ozsoysal(2017), Effects of application of variable valve timing on the exhaust gas temperature improvement in a low-loaded diesel engine, Journal of the ELSEVIER, Applied Thermal Engineering, Vol. 122, pp. 758-767.
- [2] HYUNDAI(2019) HIMSEN 4-Stroke Diesel Engine Instruction Manual 6H21/32, Volume 1, Fuel Injection Timing, M35400, p. 5/5.
- [3] HYUNDAI(2019) HIMSEN 4-STROKE DIESEL ENGINE Instruction Manual 6H21/32, VOLUME 1, FUEL OIL SYSTEM, M51101, p. 1/1.
- [4] Jeon, H. J and Choi, J. S(2004), 「Internal Combustion Engine Lecture (Revised Edition)」, p. 194.
- [5] Keskin, A., A. Yaşar, O. G. Gandemir, and H. Özarşlan (2020), Influence of transition metal based SCR catalyst on the NOx emissions of diesel engine at low exhaust gas temperatures, Journal of ELSEVIER, Fuel, Volume 273, 117785, pp. 7-8.
- [6] Kim, H. K., C. H. Jeon, and Y. J. Chang(2001), A Study on the Emission Characteristics in 4stroke Large Propulsion Diesel Engine, Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, p. 42.
- [7] Kim, H. K., J. G. Kim, C. H. Jeon, and Y. J. Chang(2002), A Experimental Study on the Emission Characteristics in 4 Stroke Propulsion Diesel Engine for Ship, Journal of the

Received : 2020. 09. 25.

Revised : 2020. 12. 31. (1st)

: 2021. 01. 25. (2nd)

Accepted : 2021. 04. 27.