

AHP 技法에 의한 高速船의 最適 機關시스템 決定法

曹 基 烈* · 盧 亨 鳳**

Decision Method of Optimal Engine System for High-Speed Ship by Analytical Hierarchy Process

K. Y. cho · H. B. Ro

Key words : AHP (계층분석기법)

Abstract

The purpose of this study is to determine the optimal gas turbine system for special purpose ships. First we generate critical evaluation criteria and construct their hierarchical structure. The criteria consist of qualitative ones as well as the economic factor. Then AHP is applied to solve the decision making problem. AHP gives good results different from those only by the economic evaluation methods.

And during the analysis, the procedure produces many useful informations to the decision making. The results shows that AHP is an appropriate method for these kinds of problems such as the system selection.

1. 서 론

현재 운용중인 대다수 선박의 주 추진기관은 연료소모율이 적고 열효율이 우수한 디젤기관을 채택하여 사용하고 있다. 그러나 박용 가스터빈의 급속한 기술개발로 열효율이 개선되고 있으며, 또한 이의 특성인 신뢰성, 운용과 정비의 용이성 및 환경보호의 이점 등 때문에 일부의 특수목적선, 고속페리 및 수송선에 가스터빈의 장착이 점차 증

가하고 있는 추세에 있다.

추진기관은 선박의 심장부로서 건조비에 가장 많은 부분을 차지할 뿐만아니라 선박의 수명기간 중 선박성능, 운영유지비 및 효율적 운용에 지대한 영향을 미치기 때문에 추진기관의 선정은 제반 요건을 고려한 합리적인 평가에 의하여 이루어져야 한다. 그러나 현재 각 관련단체가 이용하고 있는 가스터빈 평가방법은 대상장비의 성능과 가격의 단순한 비교에 의한 감각적인 판단에 주로 의

* 弘益大學校 大學院 (원고접수일 : 98년 2월)

** 弘益大學校, 經營大學教授

존하고 있다⁽¹⁾.

최근에 와서 일부 관련단체는 보다 합리적인 경제성 평가방법, 즉 초기투자 대비 운영비 감소의 비교방법을 사용하여 가스터빈을 선정하였으나, 그 결과 운전 중 속력저하 및 기관사고가 빈번할 뿐만 아니라 가용성, 신뢰성, 정비유지와 운용상 문제가 발생하여 평가결과에 대한 신뢰성에 의문이 제기되고 있는 실정이다⁽²⁾. 따라서 가스터빈 평가시 경제성뿐만 아니라 선박 운영시에 필요한 제반 요소들을 고려할 수 있는 평가방법이 절실히 요구되고 있다.

그러나 불행하게도 이러한 요구에 부응하는 연구가 지금까지 매우 미흡했다고 볼 수 있으며 이 분야의 연구 결과들은 대부분 경제성 평가만을 다룬 것이어서, 전술한 바와 같은 합리적이고 종합적인 평가방법을 제시하지는 못하고 있다.^(3,4,5) 이에 본 연구에서는 가스터빈을 복수의 주요 평가요소에 의하여 체계적으로 평가하고 최적의 시스템을 선정할 수 있는 평가방법을 사용하고자 한다.

본 연구에서는 첫째, 합리적인 가스터빈 평가를 위하여 필요한 핵심 평가요소들의 체계를 구성하고자 한다. 평가요소로는 상당히 많은 것을 도출할 수 있으리라 생각되나 이들 모두를 일괄적으로 고려할 수도 없거니와 그 중요도에도 차이가 많으리라 예상되기 때문이다. 또한 많은 평가요소들을 고려하다 보면 중복성, 종속성 등이 야기되어 이의 정리가 필요하기 때문이다. 둘째, 구성된 체계 하에서 도출된 평가요소들을 적절히 활용하여 평가할 수 있는 기법을 발굴하고자 한다. 경제적 요소는 정량적 척도로 평가될 수 있으나 여타 신뢰성 등의 평가요소들은 정성적인 척도로 평가될 수밖에 없다. 따라서 이들 평가요소들을 한 체계 내에서 종합적으로 고려할 수 있는 평가방법을 사용하고자 하는데, 본 연구에서 선정한 평가방법은 AHP(Analytical hierarchy process) 기법⁽⁶⁾이다. 셋째, 평가방법의 유효성을 밝히기 위하여 실제 국내기업에서 고려하고 있는 가스터빈 선정문제에 적용해 보기로 한다. 이를 위하여 대상 선박에 장착 가능한 가스터빈의 대안을 설정하고, 최적대안 선정에 필요한 비용 및 관련 데이터를 산출한다. 그리고 AHP 기법 적용과정의 일부분인 경

제성 평가를 우선 시행하고, 이어서 AHP 기법의 전체 과정을 시행하여 최적 대안을 선정하고자 한다. 이 경우 경제성 평가에 의해 선정된 대안과 비교, 분석도 하고자 한다.

2. 가스터빈의 평가요소

선박용 추진기관의 평가에 중요한 관건은 대상 선박의 임무 및 목적을 100% 달성할 수 있는 요소 또는 기준을 합리적으로 마련하는데 있다. 그러나 불행하게도 현재까지 선박용 추진기관에 대한 종합적이고 표준화된 평가요소나 기준이 제시된 바가 없다. 이에 관련하여 선박기관에 대한 일부 문헌에 단편적인 내용이 있지만 그 내용이 각기 상이하여 평가에 일반적으로 적용하기에 곤란할 뿐만 아니라 일부 제시된 평가요소들조차 측정변수가 정확하게 정립되지 못한 실정이라서 이를 적용하는 선박회사나 관련기관도 없는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 선박기관의 핵심 평가요소들의 체계를 구성하기 위하여 관련 전문문헌들^(6,7,8)과 조달청의 장비획득 관리규정⁽⁹⁾ 등을 상호 비교, 검토하였다. 또한 관련 학회, 대학, 연구소 및 기관의 전문가들과의 면담을 통하여 수렴된 의견을 중심으로 평가요소들의 체계를 정립하였다.

우선 핵심 평가요소로서 5가지, 즉 가용성, 경제성, 신뢰성, 정비성 및 운용성을 일차로 선정하였다. 다음으로는 이들 각각의 요소를 정확히 표현하는 특성(特性)들을 선정하였다. 마지막으로 각 특성을 측정할 수 있는 변수들을 구체적으로 정하였다. 이와 같이 3단계에 걸쳐서 요소를 선정하고 구체적 측정변수를 선정한 이유는 본 연구에서 사용할 AHP 계층구조에 맞추기 위함뿐만 아니라 지금까지 이 부문에 대한 연구결과를 체계화하기 위함이다. 이 결과를 요약하면 다음 <Table 2-1>과 같다.

<Table 2-1> 평가요소 및 측정변수

선박용 추진기관 (가스터빈) 평가요소 구성

Level 1	Level 2	Level 3	측 정 변 수
최 적 가 스 터 빈 결 정	가용성 (요구 능력 충족성)	속력 충족성	○ 최고속력, 순항속력 유지능력
		여유마력	○ 수명기간중 운용에 필요한 최고/순항속력 유지능력 즉, 기관 노후화 및 선저오손, 미래 탑재장비를 고려한 여유마력
		탑재가능성	○ 기관실 공간에 탑재가능 정도(크기) ○ 중량을 고려한 탑재가능성 정도
		계약조건 및 회사정책	○ 인도시기 및 지불조건 ○ 회사정책 및 타사업과의 관계
	경제성 (비용)	초기획득비	○ 주장비(엔진, 감속기어), 설치비, 기타비용
		운영유지비	○ 유류비, 정비비, 인력비
		경제성평가	○ POP, IRR, PW, BCR
	신뢰성	고장빈도	○ 운전중 고장발생을 혹은 고장간 평균시간(MTBF)
		실용화	○ 실용화 및 표준화 정도
		성능유지능력	○ 수명기간(약 30년) 성능유지능력
	정비성	용이성	○ 정비내용의 단순성, 분해조립 용이성(MTTR; 수리평균시간) ○ 기존 정비시설, 장비 이용가능 정도 ○ 자체 고장진단 기능 보유정도
		유사성	○ 시스템별 조합엔진, 기존장비와 정비내용의 유사성
지원성		○ 제작사 부품, 정비기술 지원정도 ○ 조합엔진 및 기존 운용장비와 부품호환성 정도	
운용성	편리성	○ 시동, 정지 및 전후진 절차의 용이성과 소요시간	
	진동/소음	○ 진동, 소음의 근무환경 저해정도, 환경오염정도	
	교육/훈련	○ 기관운용을 위한 교육, 훈련 용이정도	

3. 평가방법의 선정

현재 각 선박회사에서 선박기기 평가에 사용하고 있는 경제성 분석방법은 각 기기의 종류에 따른 초기획득가격과 운영유지비를 고려한 각 년의 수익과 손실을 금액으로 환산하여 의사결정시에 이용하고 있다¹⁰⁾. 이는 경제성을 중요한 요인으로 생각하는 상선에서는 타당한 방법일 수 있으나, 현재는 특수목적용 선박뿐만 아니라 일부 상선에서도 경제성보다는 효율성을 중시하는 경우가 출현하고 있다.

특히 특수목적용 선박에 가스터빈을 채택하는 세계적 추세는 경제성보다는 효율성에 더 많은 비중을 두고 있음을 보여주고 있다. 효율성은 앞 절에서 도출한 가용성(요구능력 충족성), 신뢰성, 정비성, 운용성 등으로 볼 수 있고, 경제성 분석방법으로는 평가할 수 없는 항목이며, 기관 운용요원 및 관련 전문가의 건전한 사고 및 심리적 판단기준의 과학성에 기초를 두어 각 요소의 중요도를 측정할 수밖에 없다.

따라서 각 기종의 초기획득 비용과 장비운용에 있어서 발생하는 유지비용의 상대적 이익, 손실을

경제성으로 분석할 수 있는 항목과 다른 방법으로 평가해야 하는 항목을 구분하여, 이들을 종합적으로 계량화할 수 있는 방법이 필요하다. 이에 본 연구에서는 다양한 분야에서 널리 성공적으로 적용되고 있는 AHP 기법을 사용하기로 한다.

지금까지 AHP 기법의 적용분야를 살펴보면 산업에너지의 할당, 수송시스템의 설계, 장비 혹은 시스템의 선택, 기업의 미래예측, 개발이 환경에 미치는 영향 측정, 과학기술 개발의 우선순위 결정 등으로 매우 다양하게 활용됨을 알 수 있다⁽¹¹⁾. 특히 장비, 시스템의 선택문제에 많이 활용되었음은 본 연구의 방법으로 적절함을 알 수 있다. 기타 AHP 기법의 장점은 Satty⁽¹²⁾의 연구를 참조하기 바란다. 한편 최근에 발표된 네트워크 분석기법(ANP기법)⁽¹³⁾은 계층분석방법의 제한점인 평가요소의 계층적 구조를 네트워크 구조로 확장한 것으로, 내.외부 종속관계 및 피드백 관계까지도 평가할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 아직 이 방법에 대한 체계적인 이론의 정립이 미비한 상태이고, 또한 이의 적용을 위해서는 방대한 양의 자료를 수집해서 복잡한 분석과정을 거쳐야 하는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 이 방법의 적용은 고려하지 않으며 앞으로의 연구과제로 남겨두고자 한다.

경제성 평가방법과 AHP 기법의 평가방법과 장단점을 비교하면 다음 <Table 3 - 1>과 같다.

4. 가스터빈 선정문제

4.1 문제의 설정

A 선박회사에서는 현재 만재톤수가 4,500톤인 고속 sealift 선박을 건조하고자 하는데, 문제는 이 선박에 어떠한 가스터빈 체계를 장착할 것인가에 있다. 건조를 계획하고 있는 선박의 주요 제원은 다음과 같다.

Length O. A.(LOA) = 140 M
 Length B. P.(LBP) = 130 M
 폭(수선평) = 14.5 M 폭(최대폭) = 15.2 M
 흘수(d) = 4.5 M 깊이 = 9.4 M
 최대속력 = 29 kts 순항속력 = 15.5 kts

4.2 후보기관 대안의 설정

(1) 후보기관 선정을 위한 소요마력 산출

대상선박에 사용할 가스터빈을 선정하기 위해서는 우선 소요마력을 산출해야 한다. 이를 위해서는 설계기준자료를 이용하여 추진마력의 기준을 마련해야 하고, 각 속도에 따른 소요마력을 추정하여야 한다. 일반적으로 설계단계에서는 소요마력의 초기 추정을 위해서 Taylor Chart나 V/L - Rt/△ 곡선 등의 경험식을 이용하거나, 또는 유사한 실적선의 모형시험 자료를 이용하고, 이를 실제 모형시험을 통해 확인한다. 또한 부분적으로

<Table 3 - 1> 가스터빈 평가방법의 비교

방법	평가 방법	장 · 단점	적용적절분야
경제성평가	<ul style="list-style-type: none"> ○대안별로 초기투자액과 연간 유지비용을 고려한 투자분석기법에 의해 우선순위 결정 ○입력자료는 투자비, 이자율, 각년의 이익/손실, 운용년수 	<ul style="list-style-type: none"> ○평가절차 간단 ○경제성 이외의 요소 평가 불가 ○전산을 이용한 자료 처리 간단함 	경제성을 최우선으로 하는 일반 디젤기관 평가
AHP (계층분석 방법) (동일구름내)	<ul style="list-style-type: none"> ○전문가 집단의 전문지식을 이용하여 다양한 평가요소를 계층적 상대 비교하여 계량적으로 우선순위 결정 ○입력자료는 투자비, 각종 기관운용 자료, 전문가 평가자료 	<ul style="list-style-type: none"> ○경제성 이외의 요소 평가 가능 ○평가도중 유익한 부수정보 도출 가능 ○소요자료 많음 ○평가방법, 절차 복잡 ○전산을 이용한 자료 처리 약간 복잡 	경제성보다 효율성을 중시하는 특수목적선의 가스터빈기관 평가

는 일반적인 설계자료를 활용하기도 한다.

본 연구에서는 이 중에서 유사선박의 운용실적¹⁴⁴⁾을 고려하는 방법을 사용하였다. 실제 소요마력의 추정치는 산출된 기준마력에 적정 여유마력을 적용하여 도출하였다. 전체적인 소요마력의 추정 절차는 미국조선학회¹⁴⁵⁾가 발간한 문헌을 참조하였다. 구체적인 도출방법과 과정은 지면 관계상 생략하기로 한다. 최종 결과로서 시운전 조건(표준상태)하에서 최고속력 29노트시에 소요마력은 $BHP = DHP / \text{전달효율} = 58,000 \text{ HP}$, 순항속력 15.5 노트시에 소요마력은 10,000 HP 정도가 될 것으로 추정하였고, 이 값을 가스터빈 선택의 기준으로 삼았다.

(2) 후보기관의 선정

연구대상인 고속 Sealift선에 채용 가능한 추진체계는 주어진 선박의 특성 즉, 배수량, 최대속력, 순항속력, 항속거리, 선형, 마력, 운용특성에 따라 결정되기 때문에, 가스터빈의 추진체계별 특성 및 장·단점을 명확히 규명할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 이를 위하여 가능한 모든 추진체계의 시스템 구성과 특성, 그리고 layout을 다양한 문헌을 통하여 조사, 분석하였다. 참조한 문헌은 미국, 일본, 유럽 및 한국의 관련 학회에서 발행한 각종 자료들^{146,147)}과 실제 선박에서 사용한 실적을 보이는 각종 최신 자료¹⁴⁸⁾를 망라하였다.

조사한 결과에 따르면 다행스럽게도 최근 세계 주요 국가에서 대상 선박에 채용하고 있는 가스터빈의 추진체계는 거의 몇 개로 한정되어 있다는 것이다. 또한 이들 대부분이 순항용에는 디젤엔진 혹은 가스터빈을, 주 추진용으로는 가스터빈을 채택한 조합시스템이었고, 구체적으로 살펴보면 CODOG(Combined Diesel or Gasturbine), COGOG(Combined Gasturbine or Gasturbine), GOGAG(Combined Gasturbine and Gasturbine) 및 CODAG(Combined Diesel and Gasturbine) 등이었다.

CODOG는 1개 이상의 주추진용 G/T(가스터빈)과 1개 이상의 순항용 D/E(디젤엔진)으로 구성되어 있다. D/E 작동시 소음이 과다한 단점이 있으나, 엔진 추력범위가 넓고 초기투자비는 약간 고

가이나 연료소모량이 적은 장점이 있어서 고려대상 선박의 후보 시스템으로 선정 하였다. COGOG는 1개 이상의 주추진용 G/T과 1개 이상의 순항용 G/T으로 구성되어 있으며, 전 세계적으로 4,000 ~ 5,000톤급 선박에 많이 장착되고 있다. COGOG 추진체계는 소음이 적고 운전/정비가 용이한 반면, 연료소비가 많고 흡배기 계통이 대형이라는 특성이 있다. 국내에서는 장착하여 운용한 실적은 없으나, 여러가지 유리한 점이 많아서 모델선박의 후보 시스템으로 선정하였다.

COGAG는 일반적으로 2대 혹은 그 이상의 G/T으로 구성되어 있어, 고속 순항시에는 전 G/T을 사용하나, 순항시에는 일부만 작동하는 체계이다. 따라서 이 체계는 대형선박에서 순항 및 최대속력을 기준으로 하여 G/T 대당 마력이 비슷할 때 채용 가능하다. 연료소비가 많아서 운영유지비가 과다하며 흡배기 계통이 큰 단점이 있으나, 출력범위가 넓으며 초기 투자가 작아서 유리하여 모델선박의 후보 시스템으로 선정하였다.

CODAG 추진체계는 1개 이상의 주추진용 G/T과 1개 이상의 순항용 D/E으로 구성되어 있는데, G/T만으로 요구출력이 나오지 않을시 D/E과 G/T을 동시에 가동하여 최고의 출력을 발휘하는 추진체계를 말한다. 현재 세계적으로 생산되는 엔진으로 이를 효과적으로 충족할 수 있는 마력대의 추진체계 구성이 어려울 뿐만 아니라, 전술한 3개의 추진체계보다 운전모드가 복잡하고 조종, 감시 및 감속기 계통이 복잡하여 운용, 정비비용이 과다하다는 단점이 있다. 또한 현재까지 실용화된 선박이 없어 본 연구의 후보 추진체계로 선택하지 않기로 하였다.

(3) 후보기관의 시스템 구성

후보기관의 시스템 구성은 선박의 요구성능을 충족시켜야 한다는 측면에서 매우 중요하다. 본 연구에서는 최고속력 29kts을 달성하기 위해 필요한 최소한의 마력으로 58,000 HP, 순항속력 15.5kts을 내기 위한 마력으로 10,000 HP를 추정하였기 때문에 후보체계의 구성장비를 조합하는 기준으로 사용하기로 한다. 앞장에서 선정된 모든 추진체계는 주 추진기관으로 G/T을 사용하므로

현재 실용화된 것 중에서 최대속력을 만족하는 G/T을 선택하면 된다. 또한 순항속력을 유지할 수 있는 엔진은 선박의 경제적, 효율적 운용에 지대한 영향을 미치는 요소로, CODOG의 경우는 디젤엔진이고, COGOG과 COGAG 시스템의 경우는 가스터빈이다. 이러한 조합에 따라 장착 가능한 엔진을 선택하는 방법은 대상 선박의 요구에 맞는 엔진의 전체 크기, 중량, 속도 유지능력 등을 감안해야 한다. 또한 가스터빈의 특성상 조합 시스템에 따라 감속기어 형태가 달라지고, 따라서 가격도 상이하고 운전특성도 판이하게 달라진다는 것을 고려해야 한다.

구성장비의 대상으로는 세계의 산업용 및 박용 가스터빈을 생산하는 제작사 엔진중에서 4,000~5,000톤급에 탑재 가능하고 요구운영능력을 만족할 수 있는 박용 엔진만을 다루었다. 선별과정에서 이용한 자료는 매년 전세계 선박의 추진기관 탑재 현황 및 계획을 발표하는 DMS(Marine Gas Turbine Market편)와 각 제작사로부터 입수한 사양서, 기술자료, 관련논문¹⁹⁾ 등이다. 또한 전세계

의 특수선박에 운용 및 건조중인 가스터빈, 디젤기관 현황과 가스터빈을 탑재한 선박을 건조한 실적이 있는 조선회사의 관련자료²⁰⁾도 이용하였다.

대상기종은 최대속력을 낼 수 있는 주추진기관과 순항속력시 이용되는 기관을 구분하여 색출하였다. CODOG시스템은 고출력 디젤엔진이 결합되는 특수한 시스템으로 전세계적으로 MTU와 Pielstick이 주로 사용된 실적이 있기 때문에 이 두 회사의 제품만을 고려하여 세가지 추진체계에 적용가능한 조합을 구성하면 다음 <Table 4-1>와 같다. 이중 분석의 용이성을 위하여 각 추진체계별로 하나의 조합만을 선정하여 대안으로 삼았다. 대안은 주로 실용화 실적이나 구성장비의 사용도를 고려하여 선정하였다. 또한 경제성 분석에서 이들과 비교할 대상으로 COGAG의 조합(1)을 선정하였다.

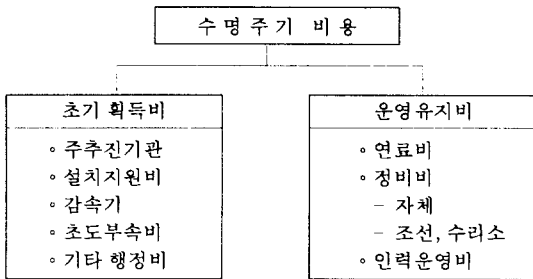
4.3 수명주기비용 산출

고속 Sealift선의 수명주기에 대해서는 국내에서 운용실적이 미비하여 관련자료나 규정이 없는

<Table 4-1> 시스템별 구성장비 조합 및 대안

시스템	구성 장비	조합 및 검토
CODOG	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최대출력 <ul style="list-style-type: none"> ① GE LM - 2500 ; 29,000HP ② RR Spey SM1A ; 29,000HP ○ 순항출력 <ul style="list-style-type: none"> ㉠ MTU - 20V956 ; 5,258HP ㉡ Pielstick - 12PA6V ; 6,960HP 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조합가능 시스템 <ul style="list-style-type: none"> (1) 2×㉠ + 2×㉡ (2) 2×㉠ + 2×㉢ (3) 2×㉡ + 2×㉠ (4) 2×㉡ + 2×㉣ ○ 검토: 4가지 조합중 (3), (4)안은 현재 실용화 실적이 없음. 나머지중 세계에서 널리 사용하는 조합 (1)을 제1안으로 선정함
COGOG	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최대출력 <ul style="list-style-type: none"> ① GE LM - 2500 ; 29,000HP ② RR Spey SM1A ; 29,000HP ○ 순항출력 <ul style="list-style-type: none"> ㉠ RR RM1C ; 5,340HP ㉡ PW FT4 - 3 ; 6,360HP 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조합가능 시스템 <ul style="list-style-type: none"> (1) 2×㉠ + 2×㉡ (2) 2×㉠ + 2×㉢ (3) 2×㉡ + 2×㉠ (4) 2×㉡ + 2×㉣ ○ 검토: 4가지의 조합중 (1), (2), (4)는 현재 실용화 실적이 없음. 세계적으로 널리 채택하고 있는 조합 (3)을 제2안으로 선정함
COGAG	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최대/순항출력 <ul style="list-style-type: none"> ① GE LM - 2500 ; 29,000HP ② RR Spey SM1A ; 29,000HP 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조합가능 시스템 <ul style="list-style-type: none"> (1) 2 × ㉠ (2) 2 × ㉡ ○ 검토: (1), (2) 공히 채택가능하나 세계적 사용도 및 장비의 사용도를 고려하여 조합(2)를 제3안으로 선정함 ○ 조합(1)은 세가지 대안의 비교기준

실정이다. 그러나 통상적인 수명주기는 개별 선박의 여러 상황 즉, 선령, 선체상태, 각종 탑재장비의 노후도, 운용유지의 문제점 등의 제반사항을 고려하여 판단하고 있으며, 통상 고속 Sealift선의 경우 29-30년을 사용한 예^[21]가 많아서 본 연구에서는 30년을 사용하기로 한다. 수명주기비용은 크게 초기 획득비와 운영유지비로 구성되어 있다. 전체 구조와 각 비용의 구체적 항목을 살펴보면 다음 <Fig. 4-1>과 같다.



< Fig. 4-1 > 수명주기 비용구조

(1) 초기 획득비(투자액)

초기 획득비(P)는 선박기기의 경우 주 추진기관과 관련 기자재의 구입 및 설치가격이다. 이들의 가격은 각 제작회사나 대리점의 판매전략에 따라 동일제품이라도 천차만별이므로 정확한 가격을 입수하는 것은 불가능한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 실적가, 국내의 조선회사들이 신규 선박 건조시 사용한 자료 및 기관제작자, 대리점, 오퍼상 등으로부터 제시받은 가격을 평균하여 산출하였으며 특히 주추진기관에 대해서는 현재 및 가까운 미래에 탑재되는 기종에 대해서만 고려하였다. 본 연구에서 적용한 주 추진기관, 감속기어 및 관련기자재, 초도부속비 등 기타 비용의 추정가격을 이용하였다.

(2) 연료비

연료비로는 동일 또는 유사장비를 장착한 선박 3척의 3년간의 자료^[22]를 참조하여 산출하였다. 현실성을 높이기 위해 '95 ~ '97년간의 운영결과만을 참조하였다. 속력별로 사용한 시간을 누적하여 산출 평균한 값을 각 시스템의 장비성능에 적용하

여 연간 연료소모비를 산출하였다. 여기서 수명기간 누적연료비는 30년간의 연료비를 단순 합계한 것으로 이자율을 고려한 현재가치는 아니다.

(3) 정비비

정비비는 운용부서를 통해서 선박 승조원이 정비, 수리 및 점검 중에 소요된 금액을 MDS (Maintenance Data System) 체계에 입력한 자체 정비비와 외주업체에서 실시하여 입력한 조선, 수리소 정비비로 구성되어 있어서 두 기관의 자료를 종합하여야 산출할 수 있다. 조선, 수리소 정비비를 산출하는데 참조한 선박은 연료비 산출시와 동일하다. 또한 정상적인 임무를 수행하고 조선, 수리소 정비를 완료한 선박 3척의 3년간 자료^[22]를 산출 평균한 값을 기본으로 하여, 탑재 주 추진기관의 특성 즉, 엔진의 크기와 실린더 수를 감안하여 정비 및 부품 소요를 고려한 금액을 산출하였다. 연료비 경우와 마찬가지로 방법으로 수명기간 누적정비비를 구하였다.

(4) 인력비

본 연구대상 선박의 주 추진시스템은 CODOG, COGOG, COGAG 로서 이에 해당하는 기관부의 직별을 살펴보면 내연사, 내기사, 전기사, 외기사, 보수사로 크게 구분되어 있으며, 통상 한 기관실에 이러한 직별들이 배치되어 있다.

상기 3개의 체계만을 고려한다면 CODOG 시스템은 한 기관실에 내기사, 내연사, 전기사 등이 필요하고, COGOG, COGAG 시스템의 경우는 내기사와 전기사만 필요할 것으로 생각하기 쉽다. 그러나 각 기관실의 보조기관 즉, 발전기, 각종 펌프 등과 같은 내연기관을 고려하면 CODOG 시스템과 마찬가지로 내연사(디젤), 내기사(가스터빈), 전기사 및 보수가 필수적이기 때문에 본 연구에서는 시스템별 인력비는 동일하다고 간주하였다.

5) 수명주기비용

초기 획득비는 COGAG 시스템이 161억원으로 가장 저렴하고, 다음은 COGOG 시스템이 174억 원, 그리고 CODOG 시스템은 183억원으로 가장 고가이었다. 연간 운영유지비는 CODOG이 25억 원으로 가장 저렴하고, 다음으로 COGOG이 32억

<Table 4-2> 수명주기비용

단위 : 백만원

구분		제 1 안 (CODOG)	제 2 안 (COGOG)	제 3 안 (COGAG)	
초기 획득비		18,320	17,372	16,051	
운영유지비	연료비	연간	1,750	2,812	3,358
		수명주기	52,484	84,386	100,720
	정비비	연간	706	378	411
		수명주기	21,194	11,350	12,319
	소계	연간	2,456	3,190	3,769
		수명주기	73,680	95,736	113,060
총 수명주기 비용		91,998	113,108	129,111	

원이며 COGAG은 38억원으로 가장 높게 평가되었다. 총 수명주기비용은 초기획득비와 수명기간 누적운영비를 합한 것으로, CODOG가 920억원으로 가장 저렴하고, 다음으로 COGOG이 1,131억원이며 COGAG은 1,291억원으로 가장 높았다. 일반적으로 수명주기비용은 총비용의 현재가치를 나타내나 여기서는 단순합계만을 고려하였다. 수명주기비용의 현재가치는 제5장에서 산출하여 분석하고자 한다.

5. 경제성 평가

경제성 평가방법은 현재까지 선박용 기관의 우선순위 평가 및 선정시에 일반적으로 사용했던 방법으로, 선박운용시 발생하는 각 년의 상대적 손실과 수익을 초기 획득비와 비교하여 경제성을 계량적으로 평가하는 기법이다. 이는 분석에 필요한 정보량이 적을 뿐만 아니라 분석에 필요한 시간과 인력이 적은 장점이 있는 반면, 인간의 과학적이고 분석적인 정신 및 사고를 이용하여 평가해야 하는 정성적인 평가요소, 즉 가용성, 신뢰성, 정비성, 운용성 등을 고려할 수 없다는 단점이 있다. 본 연구에서는 경제성 분석을 위해서 현재 널리 쓰이는 투자분석기법, 즉 POP, IRR, PW 및 BCR법을 적용하고자 한다²³⁾. 각 기법을 간단히 소개하고 평가결과를 살펴보기로 한다.

5.1 POP(Pay-out period) 법

POP은 초기투자액(P)이 연간 수익(여기서는 주

로 연료 및 정비 절감액)(R)에 의하여 회수되는 기간을 말한다. 따라서 POP가 작은 대안이 바람직한 대안이라고 볼 수 있다. 이 경우에 투자자본의 이자율도 당연히 고려된다. POP는 다음 식을 이용하여 계산할 수 있다.

$$\frac{R}{P} = (CRF)_N = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (1)$$

여기서 i 는 이자율, CRF(Capital recovery factor)는 자본회수요인이고, N 은 회수기간으로서 POP를 의미한다. N 을 미지수로 하고 (1)식을 풀어서 POP를 계산할 수 있다. 이자율로서는 국제금융의 이자율(i)을 이용하는데, 국제금융질서의 혼란으로 앞으로의 장기금리를 예측하기 매우 어렵다. 여기서는 과거의 실적이 5 ~ 15%이었기에 10%의 금리를 사용하기로 한다.

5.2 IRR(Internal rate of return) 법

IRR은 수명주기(N) 동안의 연간수익이 초기투자액의 이자라고 볼 때, 그 이자율이 얼마인가를 나타낸다. 즉 IRR이 실제 금리와 비교하여 어느 정도 더 큰 값을 갖느냐에 따라 투자를 결정하게 될 것이다. 당연히 IRR이 은행금리보다는 커야할 것이며 그 차가 클수록 유리한 투자가 될 것이다. IRR은 확보된 자금을 어떤 대상에 투자할 경우 은행에 예치하여 이자로 증식하는 것보다 유리할 것 인지의 결정여부, 또는 은행에서 대부를 받아 투자할 경우 그 타당성 여부를 결정할 때 이용할 수 있는 방법이다.

IRR은 다음 식으로부터 유도할 수 있다.

$$NPW=(UPWF)_N \times R - P \quad (2)$$

여기서 NPW(Net present worth)는 정미현재 가치이고, UPWF(Uniform present worth factor)는 균등현재가치요인으로서 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$(UPWF)_N = \frac{1}{(CRF)_N} \quad (3)$$

따라서 식 (2)에서 NPW를 0으로 하는 i 가 IRR이다. 즉

$$O=(UPWF)_N^{IRR} \times R - P \quad (4)$$

이를 정리하면 다음과 같다.

$$O = \frac{(1+IRR)^N - 1}{IRR(1+IRR)^N} \times R - P \quad (5)$$

즉 IRR을 미지수로 놓고 (5) 식을 풀면 된다.

5.3 PW(Present worth)법

PW(Present worth)는 수명주기 동안의 모든 수익의 현재 가치에서 초기투자액과 모든 경비의 현재 가치를 차인한 값을 말하며, 앞서 언급한 NPW와 같은 값이 된다. 일반적으로 PW가 정이면 투자가치가 있다는 것을 뜻하고 또한 그 값이 클수록 유리하다. PW는 다음 식에 의해 구할 수 있다. 여기서 R_n 은 각 년의 수익, E_n 은 각 년의 경비이다.

$$PW = \sum_{n=1}^N \frac{R_n}{(1+i)^n} - \sum_{n=1}^N \frac{E_n}{(1+i)^n} - P \quad (6)$$

따라서 앞의 두 기법과 달리 매년 수익과 경비가 변화하는 경우에 적절한 기법이다. 본 연구에서는 유가 상승에 따른 수익과 손실의 변화를 고려한다. 유가상승율은 대체로 0 - 15%라고 예측되지만 본 연구에서는 5%를 사용하기로 한다.

5.4 BCR(Benefit cost ratio)법

BCR은 경비 대비 수익의 비율을 계산하여 경제성을 평가하는 방법이다. 따라서 BCR이 1보다

크면 투자대상은 경제적으로 유리하다고 볼 수 있으며 또한 그 값이 클수록 유리하다.

$$BCR = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{R_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^N \frac{E_n}{(1+i)^n} + P} \quad (7)$$

이 방법도 매년 다른 수익과 비용을 고려할 수 있다. 따라서 이 경우에도 유가상승을 고려하기로 한다.

5.5 평가 결과

각 대안을 평가하기 위해서는 연간 수익자료가 필요하다. 이는 각 대안과 비교기준안을 상호 비교하여 산출할 수 있다. 비교기준안은 이미 전술한 가스터빈 구성조합 COGAG (1)을 사용하기로 한다. 각 대안과 비교기준의 자료는 다음 <Table 5-1>과 같다.

<Table 5-1> 비교기준안과의 비교 단위 ; 백만원

구 분	제 1 안	제 2 안	제 3 안	비교기준
초기투자액	18,320	17,372	16,051	15,733
기준과의 차이	+2,587	+1,639	+318	0
연간 유지비	2,465	3,190	3,769	3,876
기준과의 차이	-1,480	-679	-105	0

비교기준안과의 비교자료에서 보는 바와 같이 초기투자비는 기준시스템인 COGAG 시스템이 가장 저렴하고, 다음으로 제3안, 제2안이고 제1안이 가장 고가이다. 반대로 유지비는 제1안이 가장 저렴하고 제3안이 가장 높다.

앞의 4가지 경제성 평가방법을 적용한 결과는 다음 <Table 5-2>와 같다. 이를 살펴보면 4가지 방법 모두에서 제1안이 우수하다고 판정되었으며, 제2안이 두 번째, 제3안이 3번째였다. 그런데 제1안과 제2안의 차이는 보통인 반면에 제2안과 제3안의 차이가 많아서 제3안은 경제성 측면에서는 최적대안이 될 가능성이 매우 적음을 알 수 있다. 종합평가 결과 전체효과지수를 1로 할 경우 제1안은 0.5187, 제2안은 0.3875 제3안은 0.0938이다. 따라서 경제성 평가만으로 최적기관을 선택

<Table 5 - 2> 경제성 평가결과

시스템		제1안(CODOG)	제2안(COGOG)	제3안(COGAG)
구분				
POP	$i=10\%$	15.28	27.70	156.96
	평가치	0.5450	0.4023	0.0525
IRR	$N=30Y$	0.134	0.125	0.015
	평가치	0.4890	0.4562	0.0548
PW	$N=30Y, i=10\%, S=5\%$	28,360	13,580	2,100
	평가치	0.6439	0.3083	0.0480
BCR	$N=30Y, i=10\%, S=5\%$	2.02	1.95	1.12
	평가치	0.3969	0.3831	0.2200
평균(우선순위)		0.5187(1)	0.3875(2)	0.0938(3)

한다면 CODOG 시스템으로서, 주 추진기관은 GM-LM2500 2대, 순항기관으로 MTU20V956 2대로 결정하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

그러나, 대상선박의 특성상 경제성이 우수하다는 이유만으로 최적기관이라고 볼 수 있는가는 재고해 볼 필요가 있다. 왜냐하면 인원, 물자를 신속, 정확하고 안전하게 목적지까지 운송하기 위한 임무수행 특성상 경제성뿐만 아니라 가용성, 신뢰성, 정비성, 운용성 등의 제반사항을 종합적으로 고려하여 평가해야 하기 때문이다. 결론적으로 경제성 평가의 적용은 경제성을 최우선으로 하는 일반 상선에는 적합하다고 판단되며, 특수목적용 선박기관의 평가에 있어서는 경제성뿐만 아니라 다른 평가요소를 고려할 수 있는 평가방법이 강구되어야 할 것이다. 다만 여러 평가요소 중에 경제성이 포함되어 있다면 본 경제성 평가결과를 입력자료로 활용하면 매우 유용할 것이다.

6. AHP 기법에 의한 평가

6.1 AHP 기법

AHP(Analytical Hierarchy Process) 기법은 여러 대안 중의 하나를 선택하기 위해서 평가기준의 우선순위를 도출하기 위한 많은 판단을 종합화하는데 유용한 절차이다. 이를 위해서 어떤 체계내의 문제를 세분화하고 계속적인 쌍대비교를 통해서 구성체계내의 요소들의 중요성의 크기

와 강도를 결정한다. 이러한 중요도의 크기는 수치로 환산될 수 있다. 이러한 AHP 기법은 사람들이 창조성을 분명하게 표현할 수 있다는 것을 기본으로 가정하고 있다. 표현하지 않는 감정과 경험까지도 설문을 통하여 파악할 수 있으며 그들의 판단과 그 강도를 의사결정에 이용할 수 있다는 것이다. 결론적으로 이 방법은 체계설계와 문제해결에 쓰이는 각 요소를 식별하고 그들 관계를 정립하는데 인간의 창조성과 논리적 사고를 활용할 수 있다는 것에 기인하고 있다. AHP의 세부적 이론체계는 Saaty(1980)²⁴⁾, Saaty & Vargas(1982)¹¹⁾에 의해서 다양한 실제 시스템에 응용되면서 정립되었다.

6.2 AHP 수행절차

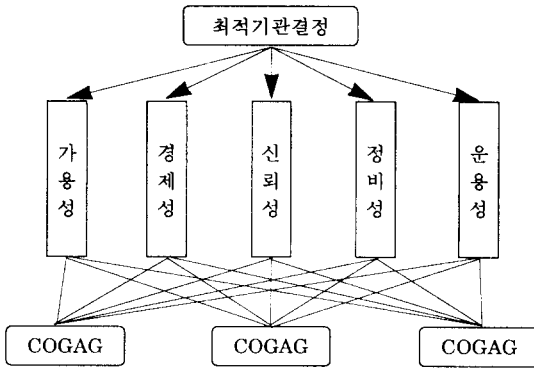
AHP 수행절차는 다음과 같다.

- ① 의사결정문제의 계층구조를 형성한다.
- ② 평가요소들에 대한 중요도를 정한다. 자료가 없을 경우에는 전문가들에 대한 설문이용.
- ③ 대안들에 대한 평가치를 구한다. 자료가 없을 경우에는 전문가들에 대한 설문을 통하여 구하고, 이에 평가요소들의 가중치를 적용하여 구한다.
- ④ 설문 응답의 일관성을 평가한다.
- ⑤ 대안의 최종순위를 결정한다.

6.3 AHP 계층구조의 형성

AHP의 기본적인 형태는 계층구조로서, 이를 본

연구문제에 적용하여 보면 다음 <Fig. 6-1>과 같다. 단계 1은 분석의 목표를 나타내는데 최적기관의 선정이 그것이고, 단계 2에는 단계 1을 달성하기 위한 평가기준(Criteria)으로 가용성, 경제성, 신뢰성, 정비성, 운용성의 5가지 평가기준으로 형성되어 있다. 단계 3은 목표를 달성하기 위한 대안으로 모델선인 고속 Sealift선에 탑재 가능한 후보 기관시스템으로 CODOG, COGOG, COGAG를 들 수 있다.



<Fig. 6-1> AHP 계층구조

6.4 평가요소별 중요도 결정

단계 1) 쌍대 비교 및 설문조사

각 평가요소 그룹에 대해 중요도 행렬을 구성한다. 이를 위해 특성들 간에 쌍대비교를 실시한다. 쌍대비교는 반드시 동일 그룹 내에서만 수행되어야 한다. 작성된 평가구조에 맞게 설문지를 작성한다.

설문지는 2개 특성간의 상대적 점수를 묻는 질문들로 구성된다. 응답자는 임의의 2개 요소간의 상대적 점수를 주게 되는데, 이에 대한 정의와 점수는 다음의 <Table 6-1>과 같다. 여기서 상대적 점수란 중요도, 발생빈도, 선호도 등을 수치화한 것이다.

본 연구에서 수행한 설문조사기간은 '97. 11. 1 ~ '97. 12. 31일로 2개월간이었으며, 조사대상은 현재 가스터빈을 장착한 선박을 운용하고 있는 기관장 및 운용요원, 그리고 항해, 기관부서장의 실무를 마치고 현재 관련회사에서 장비를 평가하고

<Table 6-1> 상대적 중요성의 정의 및 설명

상대적 중요성	정의	설명
1	동일한 중요성	두 기능이 목표, 목적에 동일한 영향
3	다른 것보다 약간중요	경험과 판단으로 다른 기능보다 약간 중요
5	강한 중요성	경험과 판단으로 다른 기능보다 강한 중요성
7	매우 중요	한 기능이 다른 것보다 중요하다고 증명된 것
9	극히 중요	한 기능이 다른 기능보다 최고로 중요하다고 확인, 증명된 것

있는 요원, 가스터빈의 정비, 수리를 전문으로 하는 기술자 및 연구기관, 조선소, 학교의 선박기관 전문가들로 구성하였다.

설문지는 정책부서 20부, 운용부서 20부, 기타 부서 20부로 함께 60부를 배포하였으며, 이중 정책부서 12부, 운용부서 11부, 기타부서 14부, 총 37부가 회수되었다.

단계 2) 설문 응답결과로부터 전문가별 비교행렬 $A_k = (a_{k,ij})_{n \times n}$ 정의.

$$A_k = \begin{pmatrix} a_{k,11} & a_{k,12} & a_{k,13} & \cdots & a_{k,1n} \\ a_{k,21} & a_{k,22} & a_{k,23} & \cdots & a_{k,2n} \\ a_{k,31} & a_{k,32} & a_{k,33} & \cdots & a_{k,3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{k,n1} & a_{k,n2} & a_{k,n3} & \cdots & a_{k,nn} \end{pmatrix}$$

여기서, $k=1, 2, \dots, m$

n : 효과요소의 개수

$a_{k,ij}$: 요소 i 의 요소 j 에 대한 상대적 가중치

$$(a_{k,ii} = 1, a_{k,ji} = \frac{1}{a_{k,ij}})$$

단계 3) 개별 설문결과(A_k)로부터 설문응답 전문가 전체(m)에 대한 기하평균 계산

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \left(\prod_{k=1}^m a_{k,ij} \right)^{\frac{1}{m}}$$

단계 4) A 행렬을 열별로 정규화하여 B 행렬 도출

$$B = (b_{ij})_{n \times n} = \left(\frac{\bar{a}_{ij}}{\sum_{i=1}^n \bar{a}_{ij}} \right)_{n \times n}$$

단계 5) B 행렬의 행별 평균값으로 가중치백타 산출

$$\begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^n b_{ij} \\ n \end{pmatrix}_{n \times 1}$$

이와 같은 절차에 의해서 구한 평가요소별 중요도를 살펴보면 다음 <Table 6-2>와 같다,

13.67%, 운용성 12.17% 등의 순이다. 따라서 대상 선박의 최적기관을 결정하는 경우 가용성, 신뢰성, 경제성, 정비성, 운용성의 순위로 고려해야 하며, 이중 가용성이 33%의 중요도를 가져야 할 것으로 판단된다. 특성의 중요도는 신뢰성의 고장빈도가 전체 요소의 효과를 1로 하였을 경우 12.99%로 가장 큰 요인이며, 다음으로 가용성의 최대, 순항속력 충족성이 10.68%, 계약조건, 정책이

<Table 6-2> 평가요소 및 부특성의 중요도

평가 요소 (중요도)	특성(特性)	중요도 (괄호안은 동일 요인 내에서의 중요도)
가용성 (0.3334)	속력 충족성	= 0.1068 (0.3203)
	여유마력	= 0.0534 (0.1602)
	탑재 가능성	= 0.0676 (0.2028)
	계약조건/정책	= 0.1056 (0.3167)
경제성 (0.1502)	초기획득비	= 0.0292 (0.1951)
	운영유지비	= 0.0565 (0.3755)
	경제성평가	= 0.0645 (0.4294)
신뢰성 (0.2581)	고장빈도	= 0.1299 (0.5034)
	실용화	= 0.0449 (0.1740)
	성능유지능력	= 0.0833 (0.3226)
정비성 (0.1367)	용이성	= 0.0497 (0.3634)
	유사성	= 0.0188 (0.1377)
	지원성	= 0.0682 (0.4989)
운용성 (0.1217)	편리성	= 0.0381 (0.3131)
	진동/소음	= 0.0468 (0.3847)
	교육/훈련	= 0.0368 (0.3022)

각 평가요소 및 부특성의 중요도는 합이 1이 되어야 하나 끝자리가 그렇지 못한 것은 조정오차(Rounding Error) 때문이다. 동일 평가요소의 특성(特性)들의 중요도 합은 해당 평가요소의 중요도와 같다. 이는 계층적 의사결정기법의 분화의 원리로 차상위 단계의 중요도가 그 하위단계로 그대로 이전된 것이며, 괄호안의 중요도는 한 평가요소 내에서 특성들의 중요도를 나타낸다. 분석 결과 선박 주추진기관을 결정하기 위한 평가요소 중 가용성이 33.34%로 중요도가 가장 높고, 다음은 신뢰성 25.81%, 경제성 15.02%, 정비성

10.56%, 신뢰성의 성능유지능력이 8.33%, 정비성의 지원능력이 6.82%, 가용성의 탑재 가능성이 6.76% 순으로 높다. 여기서 흥미로운 사실은 하나의 특성에 불과한 고장빈도의 중요성이 상위단계의 평가요소인 운용성의 중요도보다 높게 나타났다는 것이다. 이는 곧 고장빈도가 가스터빈 선정에 있어서 그 어느 평가항목보다 중요하다는 것을 나타낸다.

6.5 대안별 우선순위 평가

(1) 가용성

<Table 6-3> 가용성의 대안별 평가

구 분	제1안	제2안	제3안
속력충족성(0.3203)	0.0960	0.1057	0.1064
여유마력(0.1602)	0.0481	0.0529	0.0563
탑재가능성(0.2028)	0.0686	0.0756	0.0763
제약/정책(0.3167)	0.1056	0.1056	0.1056
총 계	0.3183	0.3398	0.3419

(2) 경제성

<Table 6-4> 경제성의 대안별 평가

구 분	제 1 안	제 2 안	제 3 안
초기투자비(0.1951)	0.3134	0.3301	0.3565
운영유지비(0.3755)	0.4072	0.3134	0.2794
경제성 평가결과(0.4294)	0.5187	0.3875	0.0938
총 계	0.4367	0.3485	0.2148

(3) 신뢰성

<Table 6-5> 신뢰성의 대안별 평가

시스템	제1안	제2안	제3안	중요도
CODOG	1	0.4411	0.5606	0.3278
COGOG	0.5589	1	0.6178	0.4153
COGAG	0.4394	0.3822	1	0.2569
$\lambda_{max} = 3.114, CI = 0.68, CR = 0.117$				

(4) 정비성

<Table 6-6> 정비성의 대안별 평가

시스템	제1안	제2안	제3안	중요도
CODOG	1	0.4762	0.4652	0.3077
COGOG	0.5238	1	0.4850	0.3385
COGAG	0.5348	0.5150	1	0.3538
$\lambda_{max} = 3.065, CI = 0.032, CR = 0.056$				

(5) 운용성

<Table 6-7> 운용성의 대안별 평가

시스템	제1안	제2안	제3안	중요도
CODOG	1	0.4762	0.4878	0.3175
COGOG	0.5238	1	0.5116	0.3492
COGAG	0.5122	0.4884	1	0.3334
$\lambda_{max} = 3.136, CI = 0.64, CR = 0.074$				

6.6 설문 응답의 일관성 평가

일관성에 관한 문제는 AHP에 있어서 간과할 수 없는 문제중의 하나이다. 일관성에 대한 하나의 좋은 예는 "A는 B보다 2배 무겁다. 그리고 B는 C보다 3배 무겁다" 라고 응답한 설문대상자가 "C는 A보다 2배 무겁다" 라고 응답하는 경우이다. 아무리 전문가라 할지라도 설문에 완전한 일관성을 가지고 응답하기는 어려우나 오차의 한계를 벗어나는 경우에는 결과에 포함하지 않는 것이 좋으며, 필요시 재설문을 한다던가 설문대상자의 응답에 영향을 주지 않도록 설문조항을 바꾸어야 한다. 설문응답의 일관성 수준을 평가하기 위해서는 평가척도가 필요한데, Satty²⁴⁾에 의해 제안된 방법을 설명하면 다음과 같다.

(단계 1) λ_{max} 계산

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^m (w_i \times \sum_{j=1}^m a_{ij}) \geq n$$

(단계 2) Consistency Index (C.I) 값을 계산

$$C.I = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

(단계 3) Consistency Ratio(C.R) 값 계산.

$$C.R = \frac{C.I}{R.C}$$

여기서, R.C (Random Consistency)는 실험치로서 매트릭스의 크기에 따라 다음 <Table 6-8>과 같은 값을 가진다.

<Table 6-8> 표준 R.C(Random Consistency)

Size of Matrix	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.C	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.4	1.45	1.49

계산된 C.R 값이 10% 내외 혹은 이보다 적어야 일관성이 있으며 20% 이상이면 응답에 문제가 있다고 판단한다. 위의 절차는 모든 설문응답에 대해 실시한다.

앞의 대안별 우선순위 평가의 일관성 척도 C.R 값을 살펴보면 모두 10% 주위에 분포하였다 따라서 설문결과에 따른 우선순위는 어느 정도 신뢰할

만하다고 볼 수 있다. 단 가용성과 경제성은 설문 결과에 의해 판정한 것이 아니기 때문에 일관성 평가를 할 필요가 없었다.

6.7 종합평가

종합평가 결과 CODOG의 평가점수는 전체효과를 1로 하였을 때 0.3367이고, COGOG은 0.3618, COGAG은 0.3015로 평가되어, COGOG의 주추진기관은 RR Spey SM1C 2대와 순항기관 RR Spey RM1C 2대의 구성이 가장 우수한 기관으로 평가되었고, 다음은 CODOG, COGAG 순이다. 이 결과는 경제성 분석결과와 다른데, CODOG과 COGOG의 우선순위가 바뀌었으며, COGAG은 두 분석방법에서 가장 좋지 않은 대안으로 지목되었다.

경제성 분석에서는 CODOG가 순항속력에서 디젤엔진의 사용으로 인한 연료절감으로 경제성이 가장 우수한 것으로 판단하였다. 반면 AHP기법에 의한 평가에서는 COGOG 시스템이 주추진기관과 순항기관이 모두 가스터빈으로 구성되어 있어 연료소비가 CODOG보다 많은 관계로 경제성이 떨어진다고 판정했지만, 가용성, 신뢰성, 운용성, 정비성 등에서는 CODOG보다 우수하다고 판정했다. COGAG 시스템의 경우는 순항속력 시에도 대용량의 가스터빈을 사용하기 때문에 순항속력시 현저히 연료소모가 많아 경제성이 현저히 나쁘다고 판단되었다. 또한 가용성, 정비성에서는 우수하다고 판정받았으나 중요성이 높은 신뢰성이 상당히 떨어져서 종합적으로 보면 최하위였다.

<Table 6-9> 각 평가요소/대안간 우선순위 종합

요소 대안	가용성	경제성	신뢰성	정비성	운용성	총계 (우선순위)
가중치	0.3334	0.1502	0.2581	0.1367	0.1217	
제1안 (CODOG)	0.3183	0.4367	0.3278	0.3077	0.3175	0.3367 (2)
제2안 (COGOG)	0.3398	0.3485	0.4153	0.3385	0.3492	0.3618 (1)
제3안 (COGAG)	0.3419	0.2148	0.2569	0.3538	0.3334	0.3015 (3)

7. 결 론

본 연구에서는 최근에 특수목적선에 많이 탑재되고 있는 가스터빈의 선정문제를 다루었다. 특수목적선의 특성상 경제성뿐만 아니라 신뢰성, 가용성, 운용성, 정비성 등 다양한 요소들을 고려하기 위하여 현재 유사한 문제에 적용되어 좋은 결과를 보인 AHP 기법을 적용하여 보았다.

분석 결과 경제성 요소만을 고려한 경우와 다른 결과를 도출할 수 있었다. 또한 부수적으로 평가 요소들의 체계를 새로이 구하였고 이들 평가요소들의 중요도 순위도 밝힐 수 있었으며, 각 평가요소들을 측정할 수 있는 주요 척도들을 새로이 도출할 수 있었다.

이와 같은 결과로부터 가스터빈 선정문제에 AHP기법을 적용하는 것이 합리적이며, 분석에 유용한 많은 정보를 도출할 수 있음을 알 수 있다. 앞으로 유사한 분야의 많은 문제에 응용될 수 있으리라 본다.

현재 본 저자들은 AHP 기법이 새로이 확장된 ANP(Alytical Network Process) 기법을 본 연구의 후속으로 유사문제에 적용하는 것을 연구하고 있다. 또한 AHP/ANP 기법을 일반적으로 적용할 수 있는 평가분석모델을 전산화하고 있는 중이다.

參考文獻

- 1) 조기열, 전효중, 최적박용기관의 선정 및 그의 경제성평가에 관한 연구, 한국기관학회 Volume 8, 1984, p.66
- 2) 해안사, 적정 여유마력 반영방안, 해운지 제56호, 1997, p.8
- 3) Plumb, C. M., Ship Propulsion System Selection, Marine Management Ltd, 1987, pp.153 - 172
- 4) Gallin, C., Alternatives for Economical Diesel Propulsion, The Mortor Ship, 1987
- 5) John, A. W., Principles of Engineering Economic Analysis, John & Sons Inc., 1989, pp.139 - 154
- 6) SNAME, The principles of naval architecture, 1996, pp.576 - 578
- 7) 전효중, 가스터빈, 효성출판사, 1998, pp.7 - 11
- 8) 임상전, 선박설계, 문운당, 1996, p.15

- 9) 조달청, 장비획득관리규정, 1997, pp.41 - 44
- 10) Milch, S., et al., Fuel Saving Vessel - A Case Study, Norwegian Maritime Research, 1981.
- 11) Saaty, Thomas, L., Analytical planning the organization of systems, McGraw - Hill, 1991, pp.63 - 86
- 12) Saaty, Thomas, L., The analytical hierarchy process, RWS Publication, 1980, pp.123 - 163
- 13) Saaty, Thomas, L., The analytical network process, RWS Publication, 1996
- 14) "A" 선박회사 설계자료
- 15) SNAME, The principles of naval architecture, 1996, pp.455 - 488
- 16) Jane' s, The fighting ships ninety - eighth edition, 1996, pp.818 - 829
- 17) 海人社, Ships of the World, 1996. NO.505. 516. 521
- 18) Forecast International, Marine Gas Turbine Market, 1997, pp.19 - 25
- 19) Luck, David, Life cycle cost comparision for ship, GE Marine & Industrial Engine, 1996, pp.45 - 58
- 20) Gas Turbine 제 작 사 (GE, Rolls Royce, Westinghouse, Siemens, MTU, Pielstick)의 Catalog 및 성능시험자료
- 21) Jane' s, The fighting ships, ninety - eighth edition, 1996, pp.818 - 829
- 22) "A" 선박회사의 895 - 97년간 운영 및 정비자료
- 23) White, John, A., Principle of Engineeing Economic Analysis, 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc, 1989, pp.201 - 210
- 24) Saaty, Thomas, L., The analytical hierarchy process, RWS Publication, 1980, pp.83 - 85