

선박평형수 처리장치 개발시 AHP 기법을 이용한 최적 처리방식 선정에 관한 연구

이상원¹ · 김동준^{2,†} · 서원철³¹부경대학교 일반대학원 기술경영협동과정²부경대학교 조선해양시스템공학과³부경대학교 시스템경영공학부

Optimum Selection of BWMS type by AHP for BWMS Development

Sang Won Lee¹, Dong Joon Kim^{2,†} and Won Chul Seo³¹Interdisciplinary Program of Management of Technology, The Graduate School, Pukyong National University, Busan 48513, Korea²Department of Naval Architecture & Marine System Engineering, Busan 48513, Korea³Division of Systems Management and Engineering, Busan 48513, Korea

요 약

선박의 운영에서 평형수는 안전한 운항을 위하여 필수적이다. 그러나 평형수에는 원치않는 생물이 함유되어 있어서 잠재적 외래종의 이송에 의한 생태계 교란의 원인이 되고 있다. 환경과피를 막기 위하여 2004년 선박 평형수와 침전물의 제어 및 관리를 위한 국제협약이 채택되었다. 선박평형수 처리장치는 국제협약을 충족시키기 위하여 다른 지역으로의 생물 이송을 막고자 개발되었다. 최근에는 전 세계적으로 50여개의 다양한 처리방식의 평형수 처리장치가 승인되었다. 가장 일반적인 평형수 처리 방식은 자외선(UV) 처리방식, 전기분해 처리방식, 그리고 오존 처리방식이다. 이러한 평형수 처리방식들 중에서 어떤 방식이 사용자와 설계자의 요구사항에 적합한 최적의 방식인지를 결정하는 데는 많은 어려움이 있다. 본 연구의 목적은 계층분석기법(AHP)을 사용하여 최적의 선박평형수 처리장치를 선정하는 것이다. 계층분석기법을 적용하기위하여 사용자와 설계자에 의해서 도출된 가장 중요한 평가기준을 사용 하였다. 우리의 결과로부터 선박평형수 처리장치 개발자들에게 평형수 처리방식을 안내 할 수 있다.

Abstract – Ballast water in ship operation is essential for a safe voyage. However ballast water can contain unwanted organisms that are the cause of disturbing the ecosystem by the transfer of potential invasive species. To prevent the destruction of the environment, the International Convention for the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediments(BWM Convention) was adopted in 2004. BWMS (Ballast Water Management System) has been developed to prevent the transportation of organisms to another region in order to fulfill the requirements IMO (International Maritime Organization) regulations. Nowadays there are about 50 approved Ballast Water Management Systems of various types globally. The most common BWMS types are UV (Ultra Violet), Electrolysis and Ozone. Among these types there are many difficulties in determining the optimum type of BWMS which can be suitable for the user and designer's requirements. The main objective of this research is to select the best BWMS type by using AHP. To apply AHP, the most important criteria for the BWMS development are derived by users and designers. From our results, we can give a guide BWMS type to the developers of BWMS.

Keywords: BWMS(선박평형수 처리장치), AHP(계층분석기법), Optimum design(최적설계), Criteria(평가기준), UV(자외선), Electrolysis(전기분해)

[†]Corresponding author: djkim@pknu.ac.kr

1. 서 론

선박평형수 처리장치(BWMS: Ballast Water Management System)에 적용되는 대표기술로는 UV(Ultra Violet)+필터 처리방식, 전기분해+필터 처리방식, 오존 처리방식 등이 개발되어있다. 오존이나 염소 등과 같이 활성 물질을 사용하는 경우에는 협약지침서 G9에 따라 국제해사기구 의해서 승인된 제품이 설치되어야 하며, UV(Ultra Violet) 및 필터와 같이 비활성 물질을 사용하는 경우에는 협약지침서 G8에 따라 주관청으로부터 정부 형식승인을 취득하여야 한다. 현재까지의 승인된 제품은 50여개 정도이며, 형식승인 제출 중이거나 새로운 장비를 개발 중인 업체도 다수이다.

선박평형수 처리장치를 개발하려는 업체로서는 최적의 처리방식 선정을 위해서 운용성, 기술성, 경제성 등 고려해야 할 요인이 수없이 많다. 이러한 요인들을 적절히 고려하기 위해서는 전문가 집단에 의한 평가기준들의 종합적인 분석방법이 필요하며, 각 분야 전문가들의 의사를 반영할 수 있는 의사 결정기법(AHP 기법) 또한 필요하다.

조선공학 분야에서 AHP 기법을 적용한 연구로는 (Yang and Jang[1999])의 연구가 최초이다. 이들의 연구에서는 AHP 기법을 이용하여 최적 구조 설계에서 설계 과정의 기초가 되는 의사 결정에 설계자의 의사를 최대한 반영 할 방법을 제시하였는데, 선택 문제를 정식화함으로써 결합한 선택 타협 문제를 동시에 푸는 최적화 방법의 가능성을 확인하고, 두 개 이상의 선택 문제와 타협 문제가 결합한 경우에도 수학적인 정식화를 통해 동시에 최적화할 수 있는 가능성을 보여 주었다. 그리고 (Lee et al.[2015])은 AHP 기법을 이용하여 조선소에서 선박평형수 처리장치 최적제품을 선정하는 과정을 보여주었다.

본 연구에서는 선박평형수 처리장치 개발 시 고려해야 하는 평가 기준 계층구조도를 도출하기 위해서 국내 8개 조선소의 선장배관 설계 전문가들의 모임인 선장배관 기술분과 위원회와 국내 3개의 장비업체의 기술영업 담당자, D조선소내의 장비를 담당하고 있는

설계전문가들과의 협의를 진행하였다. Table 1과 같이 설문자의 이해를 돕기 위하여 처리방식의 개요 및 장·단점을 실제 선박에 적용하고 있는 조선소 설계자들을 중심으로 분석하였다.

중요 평가기준을 도출하기 위하여 협의를 통해 얻어진 평가기준 계층구조도를 바탕으로 8개 조선소의 설계담당자와 국내 19개 해운사의 장비사용자들을 대상으로 1차 설문조사를 수행하였다.

최적 처리방식을 도출하기 위하여 1차 조사에서 얻어진 평가기준을 이용하여 4개의 선급협회 및 D조선소의 장비품질보증팀을 대상으로 2차 설문조사를 수행하였다.

2. AHP 기법의 적용

2.1 AHP 기법

AHP 기법은 1971년 Thomas. L. Saaty에 의해서 개발된 다기준 의사결정 기법으로 의사결정의 계층구조를 형성하고 있는 요소 간의 쌍대비교(Pairwise comparison)에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험, 직관을 포착하여 의사결정을 지원하는 방법으로 기법의 단순성, 명확성, 간편성, 범용성이라는 특징으로 여러 의사결정 분야에서 널리 응용 되어왔다(Cho et al.[2003]).

2.2 의사결정의 절차

선박평형수 처리장치 개발을 위한 최적 처리방식 선정을 위한 체계는 7단계로 이루어지며, Fig. 1과 같다.

(1) 평가기준(Criteria) 작성

다수의 선박평형수 처리장치에 대해 평가기준을 작성한다.

(2) 평가기준 계층구조도 작성

Table 2의 평가기준을 바탕으로, Fig. 2와 같이 계층구조도를 작성한다.

(3) 1차 설문조사

사용자와 설계자들로부터 평가기준에 대한 중요요인의 우선순위에 대해서 설문조사를 한다.

Table 1. Kind of BWMS type and data

처리방식	UV + 필터 처리방식	전기분해 + 필터 처리방식	오존 처리방식
작동방법	주수 + 배수	주수	주수
장점	1) 화학 물질을 사용하지 않으므로, 친 환경적이다. 2) 대용량 처리가 가능하다.	1) 전력소모량이 다소 작다. 2) 살균력이 크다. 3) 배관 내 압력 손실이 작다.	1) 전력소모량이 다소 작다. 2) 발라스트 파이프 수정이 필요 없다. 3) 살균력이 크다. 4) 배관 내 압력 손실이 작다
단점	1) 필터의 막힘 현상이 발생할 우려가 있다. 2) UV 램프와 필터의 주기적 점검 및 교체가 필요하다. 3) UV 램프와 필터의 이상이 있으면, 전체시스템이 작동할 수 없다.	1) 배수 시 TRO(Total Residual Oxidant)를 중화시켜야 한다. 2) 직접식 : 담수에서는 처리할 수 없고, 염분의 농도가 낮은 해역에서는 전력 소모가 많다. 3) 간접식 : 전기분해를 위한 추가의 해수 탱크 및 배관, 피드펌프가 필요하다. 4) 가스 검출기가 필요하다.	1) 배수 시 중화시켜야 한다. 2) 오존 누출의 위험이 있으며, 알람장치가 필요하다. 3) 넓은 설치공간이 필요하다.
중화제 첨가 여부	미첨가	첨가	첨가
압력손실 정도	다소 크다	작다	없다
전력소모 정도	다소 크다	작다	작다

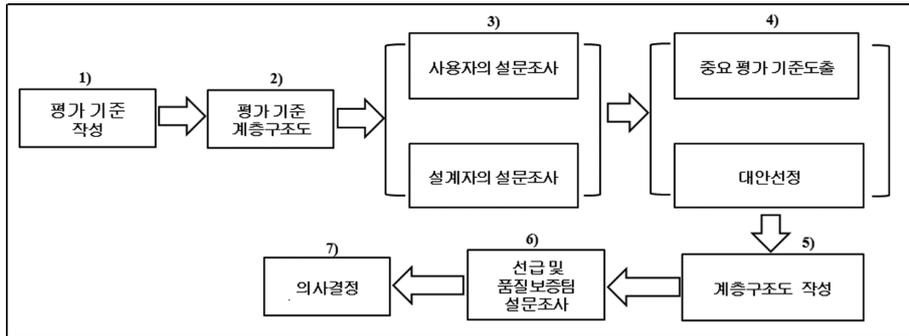


Fig. 1. Framework of optimum BWMS type selection.

Table 2. Description of the criteria and subcriteria

평가기준	하위 평가기준	하위 평가기준에 대한 설명
1. 운용성	1. 운전의 편리성	- 작동시간 및 작동의 편리함 정도
	2. 안전성	- 평형수 처리장치의 작동 및 유지 시의 안전 정도
	3. A/S Network	- 장비의 부품과 수리를 위한 전 세계의 서비스 공급망 정도
	4. 정비성	- 정비의 쉬움 정도
2. 기술성	1. 협약만족	- 국제해사기구의 D-2 기준과 USCG 요구 시험과정을 통과하여 승인받을 수 있는 정도
	2. 장비성능	- 평형수 처리장치의 살균능력 정도 등
	3. 친환경성	- 평형수 처리장치의 주변 환경에 대한 영향 평가로 해수 오염, 소음등, 환경의 친화성 정도
	4. 설치성	- 평형수 처리장치의 설치시간 짧음 및 공간의 여유 정도
3. 경제성	1. 제품가격	- 평형수 처리장치의 최초 구매시 소요비용
	2. 유지보수비용	- 고장방지를 위한 정비비용
	3. 가동비	- 평형수 처리장치의 가동 시에 소요비용(소요전력)
	4. 감가상각비	- 평형수 처리장치의 적용연도에 따른 감가상각비

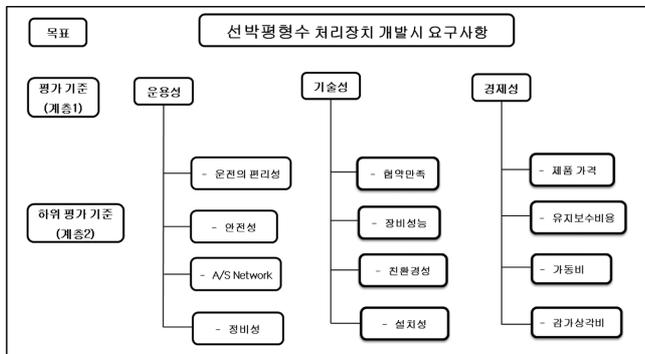


Fig. 2. BWMS hierarchical structure for development of criteria.

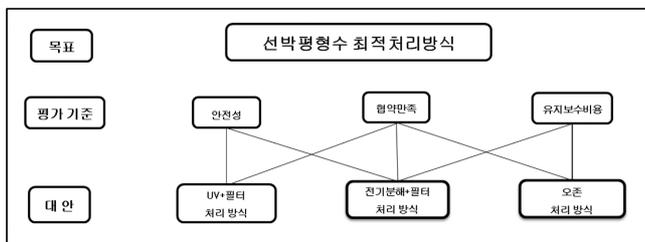


Fig. 3. BWMS hierarchical structure for the alternative type.

(4) 중요 평가기준과 대안선정

중요 평가기준을 도출하고, 장비처리방식에 대한 대안을 선정한다.

(5) 대안 계층구조도 작성

사용자와 설계자의 설문으로부터 얻어진 중요 평가기준으로, Fig. 3과

같이 장비처리방식을 선정할 수 있도록 계층 구조도를 작성한다.

(6) 2차 설문조사

장비개발을 위한 최적의 처리방식 선정을 위해서, 선급 및 장비 품질보증팀을 통하여 설문조사를 한다.

(7) 의사결정

상대적인 가중치가 가장 높은 선박평형수 처리장치의 처리방식을 선정한다.

2.3 평가대안의 설정

최적 처리방식 선정을 위한 평가대안은, 2015년 5월 12일 현재 국제해사기구와 주관청으로부터 형식승인을 받은 업체 중에 국내 조선소에서 적용하고 있는 대표적인 중요 기술 3개를 선정하였다. UV를 이용한 기술, 전기분해를 이용한 기술, 오존을 이용한 기술이다. 이 외의 기술로는 화학약품 주입 방식 등이 있다.

2.4 평가기준의 설정

평가기준 계층구조도는 국내 대표적인 조선회사(8개)와 한국선급(KR) 및 한국조선해양플랜트협회로 구성된 선장배관 기술분과 위원회에서 평형수 처리장치의 배관 관련 설계담당 전문가들과의 협의를 거쳐 도출하였다. 대분류 항목으로는 운용성, 기술성, 경제성 3개의 항목으로 나누었고, 세부 항목에 대한 것으로는 운용성은 운전의 편리성, 안전성, A/S Network, 정비성으로 기술성은 협약만족, 장비성능, 친환경성, 설치성으로, 경제성은 제품가격, 유지보수

비용, 가동비, 감가상각비로 체계적으로 구성하였다.

(1) 운전의 편리성 : 평형수 처리장치는 화물의 적재 및 하역 시 사용되며, 작동 시에 예상치 못한 문제의 발생으로 시간이 지체되는 경우는 화주의 입장에서는 경제적인 손해를 보게 된다. 운전 중에 그 지역의 해수 중에 남아있는 불순물이 필터를 막는 문제, 해수의 염도가 낮아 장비의 성능을 발휘 할 수 없는 문제, 램프의 파손문제, 작동 상의 편리함정도 등 여러 가지가 고려되어야 한다.

(2) 안전성 : 평형수 처리장치의 작동 및 유지 시 안전의 정도를 의미하며, 평형수 처리장치는 대부분 전기가 공급되어야 처리할 수 있고, 자외선, 전기분해, 오존 발생과 같은 기술을 수반하기 때문에 이들로부터의 안전이 중요한 요인이 되어야 한다.

(3) A/S Network : 장비의 부품과 수리를 위한 전 세계의 서비스 공급망으로써, 선박은 국제항해에 종사하기 때문에, 세계 어느 곳에서나 부품을 조달 받을 수 있는 서비스망이 중요하다.

(4) 정비성 : 평형수 처리장치의 지속적인 사용으로 인해 고장이 나더라도 그 빈도가 낮아야하며, 또한 고장 부위에 대해서 빨리 복구되어야 하므로, 설계단계부터 각 구성품의 배치 상 위치 및 순서, 정비단계, 정비인력 및 시설, 정비공구와 장비 등이 자세히 고려되어야 한다.

(5) 협약만족 : 국제해사기구의 D-2 기준과 미국해안 경비대(USCG) 요구사항의 시험과정을 통과하여 승인을 받을 수 있는 정도를 의미한다.

(6) 장비성능 : 처리능력은 주수(Ballasting) 및 배수(Deballasting)시 해수를 살균할 수 있는 능력 정도를 말하며, 국제해사기구는 최소 크기가 50 μm 이상의 생존 가능 개체 수가 최소 m³ 당 10개, 10 μm 이상 50 μm 의 생존 가능 개체 수가 ml 당 10개로 제한하고 있다.

(7) 친환경성 : 평형수 처리장치의 주변 환경에 대한 영향 평가로 해수 오염, 소음 등과 관련한 환경의 친화성 정도이다. 처리방식에 따라서는 해수에 잔류 독성 물질이 남아 있어 평형수를 중화시켜서 배출하여야 하는 방식도 있다.

(8) 설치성 : 평형수 처리장치의 설치시간 및 공간의 여유 정도(장비 소형화)를 의미한다. 제공하는 업체의 장비가 여러 개로 나누어져 있지 않고, 단순한 몇 개의 유닛으로 구성된 경우는 설치시간이 단축된다고 하겠다.

(9) 제품가격 : 평형수 처리장치의 최초구매 시 드는 비용으로, 업체별로 장비 가격이 다르며 10,000TEU 선박의 경우 5-10억 원을 호가하고 있다.

(10) 유지보수비용 : 정비 시에 부품 및 부품교체 등에 대한 관련 비용이다.

(11) 가동비 : 처리장치를 가동하는데 드는 비용으로, 주로 장비의 작동에 필요한 전력소모가 해당한다. 지나치게 전력소모가 많은 경우에는, 발전기의 용량이 증가하여야 하는 등 설계 측면, 경제적 측면에서 악영향을 미친다.

(12) 감가상각비 : 처리장치의 수명과 적용연도에 따른 감가상각비이다.

2.5 계층구조도 작성

도출된 평가기준을 기초로 하여 선박평형수 처리장치 개발을 위한 사용자와 설계자의 평가기준의 계층구조도는 Fig. 2와 같이 작성된다. 최상위 목표에는 장비개발을 위한 우선순위가 위치하게 되고 계층 1과 계층 2에는 평가기준이 위치한다.

평가기준 3개에 대해서 3개 요소의 쌍대비교를 수행하고, 운용성, 기술성, 경제성의 하위 평가기준(Subcriteria) 각각 4개에 대해서 6번씩의 쌍대 비교를 수행하여 총 18개의 평가기준에 대해서 쌍대 비교를 수행했다.

3. 설문조사 및 분석

3.1 1차 설문조사 수행

설문은 이메일 통해서 요청하였으며, 신뢰성 있는 자료 확보를 위해 선장배관 기술분과 내의 조선회사(8개)와 D조선소의 장비설계담당자와 국내 해운회사 19곳의 선박평형수 처리장치 담당 실무자를 설문대상자로 선정하였다. AHP 설문은 일관성 유지가 중요하므로 설문을 시작하기 전에 충분한 설문의 취지 및 요령에 대해 이해를 시킨 후에 실시하였고, 설문지는 9점 척도로 구성되고, 평가자료의 종합방법으로는 기하평균을 이용하였다. 총 접수 설문지 122건 중에 일관성비율 값이 0.1 이하인 설문지 77건에 대해서 설문결과를 분석하였다. 이를 위해 1차 설문결과 일관성비율이 0.1 이상으로 보이는 응답자에 대해서는 재설문하였으며, 이후 설문에서도 일관성 비율이 0.1 이상으로 응답한 항목이 나타나는 경우에는 분석대상에서 제외하였다.

3.1.1 사용자에 대한 설문 결과

선박평형수 처리장치를 담당하는 사용자(해운업체)를 대상으로 설문하였으며, 업무경력은 20년 이상이 (9명), 10~20년 미만(9명), 5~10년 미만(13명), 5년 미만(3명)으로, 총 34명의 평균 경력은 11.6년이다.

설문 결과, 평가기준에 대한 상대적 우선순위는 Table 3과 같이 경제성(46.9%), 운용성(27.2%), 기술성(25.9%) 순이다.

하위 평가기준에 대한 상대적 우선순위는 유지보수비용(15.6%), 제품 가격(12.9%), 가동비(10.8%), 안전성(10.0%), 감가상각비(7.6%), 협약만족(7.5%), 장비성능(7.1%), 운전의 편리성(6.9%), 정비성(5.8%), 친환경성(5.5%), 설치성(5.5%), A/S Network(4.8%) 순으로 나타났다.

정비비용, 제품 가격, 가동비의 가중치는 10% 이상으로 장비가동의 경제적 부분을 중요하게 생각하였다. 이는 장비를 운용하는 선주를 대상으로 한 설문이다 보니 다른 평가기준보다 경제성과 관련된 정비비용, 제품 가격, 가동비에 대한 상대적인 중요도가 큰 것으로 보인다.

3.1.2 설계자에 대한 설문결과

선박평형수 처리장치를 담당하는 설계자를 대상으로 설문하였으

Table 3. Ranking of the BWMS criteria & subcriteria by the users

평가기준 (계층1)	가중치 (계층1)	순위	하위 평가기준 (계층2)	가중치 (계층2)	종합가중치 (계층1 × 계층2)	종합 순위
운용성	0.272	2	운전의 편리성	0.253	0.068816	8
			안전성	0.369	0.100368	4
			A/S Network	0.176	0.047872	12
			정비성	0.212	0.057664	9
기술성	0.259	3	협약만족	0.292	0.075628	6
			장비성능	0.273	0.070707	7
			친환경성	0.212	0.054908	11
			설치성	0.214	0.055426	10
경제성	0.469	1	제품가격	0.275	0.128975	2
			유지보수비용	0.333	0.156177	1
			가동비	0.23	0.10787	3
			감가상각비	0.162	0.075978	5

Table 4. Ranking of the BWMS criteria & subcriteria by the designers

평가기준(계층1)	가중치(계층1)	순위	하위 평가기준(계층2)	가중치(계층2)	종합가중치(계층1 × 계층2)	종합순위
운용성	0.264	3	운전의 편리성	0.222	0.058608	9
			안전성	0.469	0.123816	2
			A/S Network	0.144	0.038016	12
			정비성	0.165	0.04356	10
기술성	0.401	1	협약만족	0.382	0.153182	1
			장비성능	0.208	0.083408	7
			친환경성	0.185	0.074185	8
			설치성	0.226	0.090626	6
경제성	0.335	2	제품가격	0.299	0.100165	4
			유지보수비용	0.3	0.1005	3
			가동비	0.279	0.093465	5
			감가상각비	0.122	0.04087	11

며, 설계경력은 20년 이상이 (9명), 10~20년 미만(16명), 5~10년 미만(13명), 5년 미만(5명)으로, 총 43명의 평균경력은 12.0년이다.

설문을 시행한 결과, Table 4와 같이 평가기준에 대한 상대적 우선순위는 기술성(40.1%), 경제성(33.5%), 운용성(26.4%) 순이다.

하위 평가기준에 대한 상대적 우선순위는 협약 만족(15.3%), 안전성(12.4%), 유지보수비용(10.1%), 제품 가격(10.0%), 가동비(9.3%), 설치성(9.1%), 장비성능(8.3%), 친환경성(7.4%), 운전의 편리성(5.9%), 정비성(4.4%), 감가상각비(4.1%), A/S Network(3.8%) 이다.

기술성 부분에서는 협약만족, 운용성 부분에서는 안전성, 경제성 부분에서는 유지보수비용과 제품 가격의 가중치가 10% 이상으로 써, 다른 하위 평가기준들보다 상대적인 중요도가 높았다. 이는 설계 시 장비의 여러 가지 면을 고려하는 설계자를 대상으로 한 설문 이다 보니, 운용성, 기술성, 경제성에서 고르게 중요평가기준이 도 출된 것으로 보인다.

3.2 대안선정에 대한 2차 설문

3.2.1 대안선정을 위한 중요 평가기준

Table 3과 4의 사용자와 설계자의 설문결과에서, 운용성 부분의 하위 평가기준에서는 안전성이 사용자는 10%이고 설계자는 12% 로써 다른 평가기준보다 월등히 상대적 중요도가 높았고, 기술성 부

분의 하위 평가기준은 설계부서는 협약만족이 15%로써, 장비성능 (8.3%), 친환경성(7.4%), 설치성(9.1%)보다 단연 상대적 중요도가 높았으며, 경제성 부분에서는 유지보수비용이 15%로써, 제품가격 (12.9%), 가동비(10.8%) 감가상각비(7.6%)보다 상대적 중요도가 높게 조사 되었다.

따라서 선박평형수 처리장치 개발 시 사용자와 설계자의 중요 요 구사항은 운용성, 기술성, 경제성 중에 가장 중요한 하위 평가기준 인 안전성, 협약만족, 유지보수비용을 각각 선정하여 Fig. 3과 같이 대안을 선정하기 위한 계층구조도를 작성하였다.

3.2.2 2차 설문조사

대안의 선정을 위한 2차 설문은 객관성 확보를 위해서 장비 승인과 검사를 담당하고 있는 선급협회 및 D조선소의 장비품질보증팀을 설문대상자로 선정하였다. 설문대상자는 선박평형수 처리장치를 직 접 담당하고 있는 실무자들로 선정하였으며, 응답자의 근무 년 수는 20~30년이 5명, 10~20년이 21명, 5~10년 미만이 5명이었으며 5년 미만이 4명으로, 총 35명의 평균 경력은 12년이다.

설문은 이메일을 통해서 요청하였으며, 1차 설문조사와 같이 시 작하기 전에 충분한 설문의 취지 및 요령에 대해서 이해를 시킨 후에 실시하였고, 설문지는 9점 척도로 구성되어있으며 평가자료의 종합

Table 5. Weight of alternatives surveyed by classification society & quality management team

평가기준	평가 기준 가중치	순위	대안의 가중치			평가기준 × 대안의 가중치		
			UV + 필터	전기분해 + 필터	오존	UV + 필터	전기분해 + 필터	오존
안전성	0.575	1	0.426	0.266	0.308	0.24495	0.15295	0.1771
협약만족	0.266	2	0.43	0.26	0.311	0.11438	0.06916	0.08273
유지보수비용	0.159	3	0.424	0.29	0.286	0.067416	0.04611	0.04547
대안의 종합 가중치						0.426746	0.26822	0.3053

방법으로는 기하평균을 이용하였다.

총 접수 설문지 50건 중에 일관성 비율 값이 0.1 이하인 설문지 35건에 대해서 설문결과를 분석하였다.

3.2.3 2차 설문결과

Fig. 3의 평가기준에 대한 2차 설문조사에서는 안전성 측면에서 “UV+필터” 처리방식은 24.5%, “오존” 처리방식은 17.7% “전기분해+필터” 처리방식은 15.3% 순으로 조사되었다. 협약만족 측면에서는 “UV+필터” 처리 방식 11.4%, “오존” 처리방식 8.3 % “전기분해+필터” 처리방식 6.9% 순으로 조사되었으며, 유지보수비용 측면에서는 “UV+필터” 처리방식 6.7%, “오존” 처리방식 4.5 % “전기분해+필터” 처리방식은 4.6%로 조사되었고, 최종적으로 Table 5와 같이 대안의 우선순위를 얻었다.

“UV+필터” 처리방식은 안전성, 협약만족, 유지보수비용의 모든 면에서, 다른 두 개의 처리방식보다 상대적 가중치가 높게 조사되었으며, 이는 국제해사기구와 정부의 형식승인을 받은 47개의 업체 중에 약 50% 정도에 해당하는 23개의 업체가 자외선을 이용한 기술임을 고려할 때, 이와 일치하는 연구결과라 하겠다.

“전기분해+필터” 처리방식과 “오존” 처리방식의 비교에서는 가중치가 거의 같은 것으로 조사되었다. 비록 “전기분해+필터” 처리방식이 “오존” 처리방식보다 국제해사기구의 승인을 받은 업체가 많을지라도, 가장 상대적 가중치가 높은 평가기준인 안전성 측면에서 “오존” 처리방식이 2.4% 정도 높으며, 전체 가중치는 3.7% 정도 “오존” 처리방식이 다소 앞서는 것으로 조사 되었다. 이는 안전성이 가중치가 큰 평가기준으로 포함되어 나타난 결과로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 선박평형수 처리장치 개발시 최적의 처리방식을 선정하는데 AHP기법을 적용하여 대표적인 세가지 처리방식의 우선순위를 결정하였다. 본 연구에 적용된 AHP 기법은 이해관계자에게 전체적인 평가기준을 고려하여 객관적인 자료를 제공할 수 있었으며, 연구결과 얻어진 계층구조도 내의 평가기준 우선순위는 향후 선박평형수 처리장치의 개발을 위해 중요한 의사결정의 기준이 될 수 있음을 보여주었다.

AHP 기법은 설문을 위한 전문가 집단의 선정이 결과도출에 중요한 인자이기 때문에, 본 연구에서는 설문의 객관성 확보를 위해

서 1차 설문과 2차 설문의 대상을 달리 선정하였다. 1차 설문은 선박평형수 처리장치를 직접 운용하고 설계에 적용해 본 경험이 있는 사용자와 설계자로부터 중요 평가기준을 도출하였으며, 2차 설문은 평가기준을 만족하는 대안의 우선순위를 선정하기 위하여 장비의 도면 승인과 검사를 담당하고 있는 선급협회 및 D조선소의 장비품질보증팀을 설문 대상자로 선정하였다. 이러한 2차에 걸친 설문조사 과정을 통하여 사용자나 설계자에게만 적합한 평형수 처리방식이 선정되는 것을 방지하였다.

3장의 분석결과에 따르면, “UV+필터” 처리방식은 안전성, 협약만족, 유지보수비용의 모든 면에서, 다른 두 개의 처리방식보다 상대적 가중치가 높게 조사되었으며, “전기분해+필터” 처리방식과 “오존” 처리방식의 비교에서는 가중치가 거의 같은 것으로 조사되었다.

앞으로 선박평형수 처리 장치의 적용에 있어서, 신조선뿐만 아니라 국제항해에 종사하는 현존선에도 추가로 설치되어야 한다. 이 경우에는 기존에 설치된 의장품들에 대한 대폭적인 수정을 통해서 평형수처리 장치가 설치되어야 할 공간을 별도로 마련하여야 하는데, 이럴 경우 본 연구의 모델이 충분히 적용될 수 있을 것으로 기대한다.

후 기

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2015년)에 의하여 연구되었음.

References

- [1] Cho, G.T. Cho, Y.K. and Kang, H.S., 2003, “Decision Making by AHP”, Dong Hyun publisher.
- [2] Lee, S.W. Kim, D.J. and Seo, W.C., 2015, “An Application of AHP for the Selection of Optimum Product of BWTS for over 10,000TEU Container Ship”, J. Soc. Nav. Archit. Kor., Vol. 52, No. 5, 396-407.
- [3] Yang, Y.S. and Jang, B.S., 1999, “Optimum Structural Design Using AHP Technique”, J. Soc. Nav. Archit. Kor., Vol. 36, No. 1, 82-89.

Received 13 August 2015

1st Revised 15 September 2015, 2nd Revised 7 December 2015

Accepted 4 January 2016