

AHP를 이용한 조선업 선종별 위험도 및 안전관리 수요 예산에 관한 연구

이종빈 · 장성록[†]

부경대학교 안전공학과

(2011. 6. 13. 접수 / 2012. 1. 4. 채택)

Measurement of Severity of Hazards and Investment in Occupational Safety & Health According to Ship Types Using Analytic Hierarchy Process

Jong Bin Lee · Seong Rok Chang[†]

Department of Safety Engineering, Pukyong National University

(Received June 13, 2011 / Accepted January 4, 2012)

Abstract : Although reinforcement of work intensity caused by the recent prosperity of shipbuilding businesses and the steady increasing of results which produces orders has difficulties with heavy workload, unique work circumstance in shipbuilding industry where main and subcontractor do the job together is not easy to manage its safety systematically. According to KOSHA(Korea Occupational Safety & Health Agency), there were 2, 587 deaths of 95,806 disaster victims a year on average for late 6 years(2003-2008), therein 36,605 disaster victims and 646 death in manufacture where shipbuilding have 2,287 victims, 6.25% of total disaster victims and 45 deaths, 6.97%. Moreover it shows much higher accident rate in shipbuilding industry in Korea than well developed countries in this industry as Japan, Singapore, Taiwan and so it does about 3 to 10 times higher in case of death. Compared to Japan with a shipbuilding competition of orders received system, 2 times and 2.3 times higher for each and it is more than 2 times higher than accident rate of all domestic industries. These increasing of disaster result in a labor-management dispute and it is necessary that more positive efforts and investments because there occurs blind spot, neglected industry safety and health management by lack of them. Therefore this study, for the effective safety and health management of shipbuilding industry, attempts to analyze risk on kinds of ships and budget needed in safety management through classifying ships that are being made recently by three dominate major companies. For this, we carried out a survey and interview targeting experts related to shipbuilding industry and used AHP(Analytic Hierarchy Process) for result analysis. It is considered that cost of safety and health management will be spent more effectively on the results about risk on kinds of ships and budget needed in safety management in the study and that this study can contribute to decreasing disasters in shipbuilding industry.

Key Words : analytic hierarchy process, shipbuilding industry, severity of hazards, investment, ship types

1. 서론

1960년대 이후 우리나라는 경제 및 산업구조를 근대화시키기 위한 정부의 경공업, 중화학공업 육성정책에 힘입어 지속적인 경제발전을 이뤘다¹⁾. 특히 조선산업의 발전은 국가의 근간사업을 이루며 수많은 일자리를 창출하여 2009년도 조선업 종사자만 140,954명으로 2000년도 79,776명에 약 2배가량이 증가하는 거대 산업이 되었다²⁾. 그러나 최근 10년간 조선업의 호황에 따른 발전과 수주실적의 지속적인

증대는 작업강도 강화를 야기해 업무과중의 문제를 초래하고 있고, 원·하청업체가 함께 작업하고 있는 조선업 특유의 근무환경은 체계적인 안전관리가 어려운 실정이다. 한국산업안전보건공단의 통계 자료에 따르면 최근 6년(2003~2008) 간 전 산업에서 발생된 연평균 재해자수 95,806명 가운데 사망자 수는 2,587명이고 이 가운데 제조업 재해자 수는 36,605명 그리고 사망자 수는 646명인 것으로 나타났다. 이중 제조업에 포함되어 있는 조선업에서는 6년간 연평균 2,287명의 재해자가 발생되었고, 이는 제조업 재해자 수의 6.25%를 차지하고 있다. 또한 사망자 수는 45명으로 제조업 사망자 수의 6.97%를 차지하

[†] To whom correspondence should be addressed.
srchang@pknu.ac.kr

Table 1. Situation of an industrial disaster victim in the domestic shipbuilding industry

Year	전체		제조업		조선업			
	재해자 수	사망 자수	재해자 수	사망 자수	재해자수		사망자수	
					재해자 수	제조업 %	사망자 수	제조업 %
2003	94,924	2,923	40,201	736	2,349	5.84	48	6.52
2004	88,874	2,825	37,579	672	2,366	6.30	44	6.55
2005	85,411	2,493	35,999	649	2,327	6.46	40	6.16
2006	89,910	2,453	35,914	612	2,240	6.24	48	7.84
2007	90,147	2,406	34,117	605	2,065	6.05	46	7.60
2008	95,806	2,422	35,819	602	2,375	6.63	45	7.48
평균	95,806	2,587	36,605	646	2,287	6.25	45	6.97

고 있는 것으로 나타났다³⁾.

Table 1에서 나타낸 바와 같이 산업현장에서 발생하는 재해는 숙련공의 손실, 동료작업자의 사기 저하, 보상보험금 등 직·간접적으로 기업경영에 큰 손실을 야기할 뿐만 아니라 수주선박의 선주가 안전보전에 관한 부분을 엄격히 다루고 있는 외국인임을 감안할 때 앞으로 안전보전에 관한 중요성은 더욱 커질 것으로 예상된다. 특히 2009년 10월 기준으로 중국은 막대한 외환보유고를 바탕으로 한 대대적인 금융지원, 저임금 및 풍부한 노동력 등을 무기로 수주량 및 수주잔량에서 한국을 앞서기 시작하였다⁴⁾. 이러한 시점에서 세계 최고의 조선산업 국가라는 타이틀을 지키기 위해서는 보다 우수한 품질의 선박건조도 중요하며 이와 더불어 안전보전에도 더욱 관심을 기울여야 할 시점인 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 조선업의 안전보전관리를 보다 효율적으로 수행하기 위한 일환으로 대형 3사에서 최근 건조되고 있는 선박의 종류를 분류하여 선종별 위험도 및 안전보전관리에 필요한 예산의 수요를 분석하고자 한다. 이를 위해 조선업 관련 전문가를 대상으로 설문 및 Interview를 실시하였으며, 설문분석을 위해 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 이용하였다.

본 연구에서 나타난 조선업 선종별 위험도 및 안전보전관리에 필요한 예산 수요를 비교하고자 하였다.

2. 연구대상 및 방법

2.1. 연구대상

본 연구에서는 세계 3대 조선소에서 종사하고 있는 안전관리자 30명을 대상으로 설문조사를 실시하여 분석하였다.

Table 2. Products of main domestic shipbuilder⁵⁾

업체명	주요생산품목
현대중공업	대형탱커, 초대형컨테이너선, LNG선
삼성중공업	초대형 컨테이너선, 대형탱커, LNG선, FPSO 등
대우조선해양	LNG선, 대형탱커, 초대형 컨테이너등
한진중공업	대형 컨테이너선, 벌크캐리어 등
현대삼호중공업	탱커, 컨테이너선, 벌크캐리어 등
현대미포조선	제품운반선, LPG선, 탱커, 컨테이너선 건조 등
STX조선	제품운반선, LPG선, 탱커 등
SLS조선	선박, 철구조물, 강선건조 등
대선조선	선박, 철구조물, 강선건조 및 수리 등
성동조선해양	선박, 철구조물, 강선건조 등
대한조선	선박, 철구조물, 강선건조 등
SPP조선	선박, 철구조물, 강선건조 등

먼저 국내 조선소에서 건조되고 있는 선종을 Table 2와 같이 분류하였고⁵⁾, 분류된 각 선종에 대한 위험도 및 안전관리 수요예산 측정에 관한 설문을 실시하였다. 설문조사는 현장방문을 통해 설문지 작성방법에 관해 충분히 교육시킨 후 실시하였으며, 현장 방문이 어려운 경우는 통신매체를 이용하여 1:1 교육을 실시한 후 설문을 작성하도록 하였다. 설문 분석에는 AHP기법을 이용하였다.

2.2. 연구방법

본 연구에서 사용된 선종별 위험도 및 안전관리 수요 예산 측정에 관한 설문은 AHP를 이용하였다. AHP기법은 1980년대 Saaty⁶⁾에 의해 처음으로 개발된 계층분석적 접근방법으로써 해결해야 할 문제를 몇 개의 계층(Hierarchy)으로 구성된 구조로 파악한 후, 분석과정을 통해 상대적 우선순위(Relative Priority)를 정하는 기법을 의미한다. 즉 AHP 접근 방법은 달성해야 할 목표, 환경 시나리오, 의사결정을 위한 여러 가지 기준 및 선택해야 할 대안들로 구성된 계층구조를 통해 복잡한 문제에 대한 최적의 사결정을 모색할 수 있는 의사결정 지원 시스템이다. AHP평가는 각 기준(Criterion)에 관련된 대안들(Alternatives)의 기여도 관점에서의 각 기준들의 상대적 중요도에 관한 의사결정자의 판단에 기초한다. 이러한 판단은 의사결정자의 지식과 경험뿐만 아니라 객관적인 자료에도 근거해야한다⁷⁻¹¹⁾.

본 연구에서는 Fig. 1에서 나타낸 바와 같은 방법으로 연구를 진행하였고 각 세부내용에 대한 연구방법은 다음과 같다.

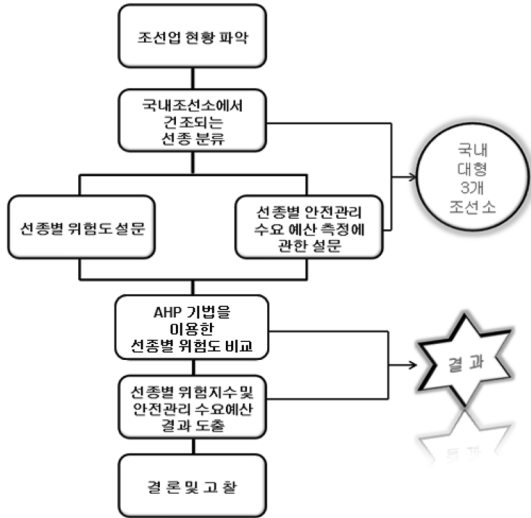


Fig. 1. Flow-chart.

1) 국내 조선 산업의 현황을 파악하였다. 최근 6년(2003~2008)간 전체 산업에서 발생된 재해 및 제조업과 제조업에 포함되어 있는 조선업의 재해율을 분석하였으며, 또한 현재 국내 조선업계의 전반적인 현황 및 각 조선소에서 생산되고 있는 선종에 대한 조사를 실시하였다.

2) 세계 조선업계의 상위 3사인 대형 조선소를 대상으로 현재 건조 중인 선종에 대한 조사·분석을 통해 선종분류를 실시하였다.

3) 분류된 선종에 대한 위험도 및 선종별 안전관리 수요 예산을 측정하기 위해 대형 3개 조선소에 근무 중인 안전관리자를 대상으로 설문 및 Interview를 실시하였다.

4) 회수된 설문지는 AHP기법을 이용하여 선종별 위험도 및 안전관리 수요 예산 정도를 정량화하였다.

5) 항목별 도출된 결과를 바탕으로 한 결론 및 고찰을 제시하였다.

3. 연구 결과

3.1. 선종 분류

대형 3개 조선소에서 건조되고 있는 선종을 Table 3과 같이 분류하였다. 현재 대형 3개 조선소에서 중점적으로 생산되고 있는 선박의 종류는 조금씩 차이가 있으나, 대부분 유사한 종류 및 형태를 지닌 선박을 건조해 왔거나 건조 중인 것으로 분석되었다.

Table 3에서 나타낸 바와 같이 대형 3개 조선소에서 건조 중인 선박의 종류는 크게 선박건조 type

과 해양/플랫폼 type으로 분류할 수 있었다. 선박건조 type의 선종에는 ① Bulk Carrier 및 Chemical Tanker, Container Ship, 그리고 ② 원유 운반선(COT, LCC, VLCC), ③ LPGC 및 LNGC(C-LNGC, L-LNGC, LNG-RV), ④ 일반선(Ferry, Ro-Ro, Ro-Fax)으로써 크게 4개로 분류하였다.

Table 3. Classification of ship type

선박 종류		용도	
대분류	소분류		
선박건조	Bulk Carrier	곡물, 광물, 석탄 등을 운송	
	Chemical Tanker	Bulk Carrier와 유사하지만 화학물질 및 제품 운송을 위한 별도의 시설/설비를 갖추고 있음	
	Container Ship	컨테이너 운반선 20피트 컨테이너(1TEU)를 기준으로 6,000 TEU~14,000 TEU급까지 생산	
원유 운반선	COT	Crude Oil Tanker 일반(소형) 원유운반선	
	LCC	Large Crude oil Carrier 중형 원유운반선	
	VLCC	Very LCC 대형 원유운반선	
LPGC 및 LNGC	LPGC	Liquefied Petroleum Gas Carrier 액화석유가스 운반선	
	LNGC	C-LNGC	Conventional Liquefied Natural Gas Carrier 재래형(일반형) 액화천연가스 운반선 (21만m ³ 급)
		L-LNGC	Large LNGC 대형 액화천연가스 운반선(26만m ³) (* 26만m ³ 이상은 Q-Max로 분류)
LNG-RV	LNG Regasification Vessel 기존의 LNGC에 재기화 설비를 추가하여 육상에서 별도의 기화공정 없이 가스를 공급이 가능한 LNG운반선		
일반선	Ferry	일반 여객선 (* Cruise와는 구분되며, 승객 운송을 주목적으로 함)	
	Ro-Ro	Roll On - Roll Off 자동차 운반선	
	Ro-Fax	RO-RO + Ferry 여객선에 자동차운반공간을 추가	
해양 플랫폼	Semi-Submersible Rig	반잠수식 석유시추선 (* 수심 200 m~1,000 m에서 시추 가능)	
	Drill Ship	심해 석유시추선 (* 수심 1,000 m 이상 시추 가능)	
	Fixed-Platform	고정식 플랫폼 Rig 또는 Drill Ship에서 유정을 찾으면 1차 가공한 후 파이프를 통해 육상의 정유시설로 운송	
	FPSO	Floating Production Storage & Offloading Unit Rig 또는 Drill Ship을 따라서 이동이 가능하며 육상의 정유시설을 거칠 필요 없이 원유를 가공하여 저장한 후 유조선으로 옮겨서 사용처로 이동 또는 수출이 가능함	

해양/플랜트 type은 ① Semi-Submersible, ② Drill Ship, ③ Fixed -Platform 그리고 ④ FPSO로써 크게 4개로 분류하였다.

선박건조 type의 선종 가운데 최근 대형 3개사의 주력 선종은 Container Ship인 것으로 조사되었고, LPGC의 경우 최근 거의 생산을 하지 않거나 생산 감소 추세인 것으로 조사되었으며, Ro-Ro의 경우 최근 프로젝트가 완료되어 현재는 잔량이 없는 것으로 조사되었다. 해양/플랜트 type의 선종들은 3개 대형 조선사에서 대부분은 현재 건조 중인 것으로 조사되었다.

3.2. 선종별 위험도의 비교

조선업 선종별 위험도를 산정하기 위하여 Fig. 2에서 나타낸 바와 같이 계층도를 작성하였으며, 이에 따른 설문을 실시하였다.

설문분석을 위하여 AHP를 이용하였으며, 그 결과 Table 4와 같이 선종별 위험도를 산출하였다.

조선업 관련 전문가를 30명을 대상으로 AHP 설문을 실시하였으며, 일관성 비율(CR: Consistency Ratio) 0.1 이하인 설문지 6부는 제외하고 24부의 설문지를 분석한 결과, 선종별 위험도는 대분류에 해당되는 선박건조와 해양/플랜트의 위험도가 각각 0.32와 0.68로 나타나 해양/플랜트 작업이 선박건조 작업보다 위험한 것으로 분석되었다. 또한 Table 4에서 나타낸 바와 같이 비교적 해양/플랜트에 속하는 선종의 위험도가 선박·건조에 속하는 선종에 비해 대부분 높은 것으로 나타났다. 세부적으로 선종별 위험도를 살펴보면, FPSO 선종의 위험도 지수가 0.285로서 가장 높게 나타났고, 다음으로 DrillShip이 0.141, Fixed-Platform이 0.139, LPGC 및 LNGC(C-LNGC, L-LNGC, LNG-RV)가 0.119, Semi-Submersible Rig가 0.116으로 중간 정도의 위험도를, Bulk Carrier, Chemical Tanker, Container Ship이 0.073, 일반선(Ferry, Ro-Ro, Ro-Fax) 0.068로 분석되었고 원유 운반선(COT, VLCC),

Table 4. Risk index of ship type

선종	위험지수	순위
FPSO	0.285	1
DrillShip	0.141	2
Fixed-Platform	0.139	3
LPGC 및 LNGC(C-LNGC, L-LNGC, LNG-RV)	0.119	4
Semi-Submersible Rig	0.116	5
Bulk Carrier, Chemical Tanker, Container Ship	0.073	6
일반선(Ferry, Ro-Ro, Ro-Fax)	0.068	7
원유 운반선(COT, LCC, VLCC)	0.059	8

LCC, VLCC)의 위험도가 0.059로 위험지수가 가장 낮은 선종으로 분석되었다.

3.3. 선종별 안전관리 예산 수요 평가

조선업 선종별 안전관리에 필요한 예산 수요의 정도를 측정하기 위하여 Fig. 3에서 나타낸 바와 같이 계층도를 작성하였으며, 이에 따른 설문을 실시하였다. 설문분석을 위하여 선종별 위험도 분석에서 이용한 AHP 설문을 수행하였으며, 일관성 비율(CR: Consistency Ratio) 0.1 이하인 설문지 8부는 제외한 22부의 설문지를 분석하여 Table 5와 같이 선종별 안전관리 예산수요 정도를 산출하였다.

조선업 관련 전문가를 대상으로 실시한 AHP 설문 조사결과, 선종별 안전관리 예산수요는 대분류에 해당되는 선박건조와 해양/플랜트의 예산수요 정도는 각각 0.24와 0.76으로 나타나 해양/플랜트 작업이 선박건조 작업보다 안전관리를 위한 예산이 더 많이 필요한 것으로 분석되었다. 다음으로 본 연구에서 분류한 총 8가지의 선종에 대한 안전관리를 위한 예산 수요의 정도를 AHP를 이용하여 분석한 결과, 해양/플랜트에 속하는 선종 4개 모두 선박건조에 속하는 선종에 비해 높은 것으로 나타났다.

선종별 안전관리 예산 수요 지수를 세부적으로 살펴보면, FPSO 선종의 예산 수요 지수가 0.401로 가장 높게 나타났고, 다음으로 Fixed-Platform과 Dr-

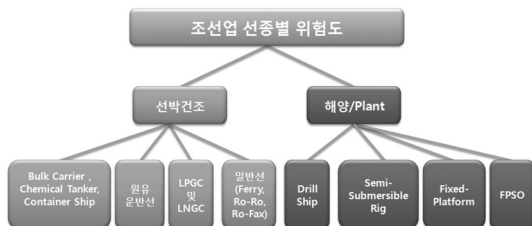


Fig. 2. Hierarchy diagram for estimation of risk index according to ship type.

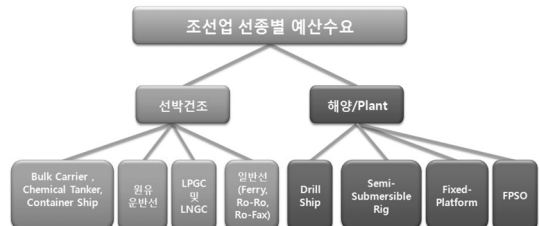


Fig. 3. Hierarchy diagram for estimation of safety management budget index according to ship type.

Table 5. Safety & Health management budget index of ship type

선 종	예산 수요지수	순위
FPSO	0.401	1
DrillShip	0.126	2
Fixed-Platform	0.126	2
Semi-Submersible Rig	0.107	3
LPGC 및 LNGC(C-LNGC, L-LNGC, LNG-RV)	0.098	4
일반선(Ferry, Ro-Ro, Ro-Fax)	0.061	5
Bulk Carrier, Chemical Tanker, Container Ship	0.043	6
원유 운반선(COT, LCC, VLCC)	0.037	7

illShip이 0.126, Semi-Submersible Rig가 0.107, LPGC 및 LNGC(C-LNGC, L-LNGC, LNG-RV)가 0.098로 나타났으며, 일반선(Ferry, Ro-Ro, Ro-Fax) 0.061, Bulk Carrier, Chemical Tanker, Container Ship이 0.043 그리고 원유 운반선(COT, LCC, VLCC)이 0.037로 가장 낮은 것으로 분석되었다.

3.4. 위험지수와 예산지수의 상관관계

본 절에서는 조선업 관련 전문가를 대상으로 설문문을 실시하고 그 결과로 나타난 선종별 위험지수와 안전·보건에 필요한 예산지수간의 상관관계를 분석하였다.

선종별 위험지수와 안전·보건에 필요한 예산지수간의 상관지수(r^2)는 0.970, p-value < 0.01로 유의한 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 즉, 위험성이 높다고 판단되는 선종의 경우에는 그에 따른 예산 또한 높게 책정될 필요가 있는 것으로 나타났다.

4. 고찰 및 결론

본 연구에서는 AHP를 이용한 조선업 선종별 위험도 및 안전관리 예산 수요에 대한 설문문을 분석하였다. 그 결과, 해양/플랜트 선종이 선박건조 선종보다 쌍대비교를 통한 지수가 크게 나왔으며, 이에 따른 계층 간의 지수 크기의 차이로 인해 해양/플랜트에 속한 선종이 선박건조에 속한 선종에 비해 위험지수 및 예산 수요 지수가 대부분 높게 나타났다.

해양/플랜트 선종의 작업방법이 선박건조 선종의 작업방법에 비해 구조가 복잡하고 선종의 형태가 다양하며, 규모도 선박건조 선종에 비해 크고 이로 인해 작업에 필요한 동시 투입인력의 수도 많

기 때문에 해양/플랜트 선종의 위험도 및 안전관리를 위한 예산 수요의 정도가 높게 나타난 것으로 판단된다. 이에 반해 선박건조의 선종은 도크에서 대부분 작업이 이루어지고 선종의 형태가 해양/플랜트 선종에 비해 비교적 유사한 형태를 갖추고 있으며, 과거부터 현재까지 많은 수주를 통해 지속적으로 작업이 이루어져 왔기 때문에 작업의 숙련도 및 안전관리 측면에서 위험요소 파악, 대책수립 등이 좀 더 용이하기 때문에 해양/플랜트 선종에 비해 지수가 낮게 나타난 것으로 사료된다.

조선업의 선종별 위험도 및 안전관리를 위한 예산 수요 정도에 관한 설문문을 분석한 결과를 종합하면, FPSO 선종의 위험도 및 예산수요지수가 가장 높게 나타났고, 다음으로 Fixed-Platform, DrillShip, LPGC 및 LNGC(C-LNGC, L-LNGC, LNG-RV)이 중간 정도이며, 일반선(Ferry, Ro-Ro, Ro-Fax), Semi-Submersible Rig, Bulk Carrier, Chemical Tanker, Container Ship, 원유 운반선(COT, LCC, VLCC)이 가장 낮은 것으로 분석되었다.

본 연구의 결과를 바탕으로 추후 연구에서는 조선업 선종별 공정분석을 통한 세부적인 위험도 분석을 실시함으로써 보다 구체적인 안전관리 방안을 모색할 필요가 있을 것으로 사료되며, 이를 통해 조선 산업에서 발생하는 재해를 감소하는 데에도 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 이와 더불어 선종별 재해율 또는 이와 관련된 DATA의 확보를 통해 본 연구의 결과에서 나타난 선종별 위험지수 및 안전관리를 위한 예산 수요 지수와의 상관관계를 분석함으로써 보다 객관적이고 신뢰성 있는 결과의 도출이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) 최정우, 유진환, 김형준, 서재민, 김성빈, 윤기봉, “조선업 사업장의 안전관리 시스템 구축에 관한 연구”, 한국산업안전학회지, Vol. 23, No. 6, pp. 14, 2008.
- 2) 한국조선공업협회, 조선인력현황, 2009.
- 3) 한국산업안전보건공단, 산업재해분석, 2001~2009.
- 4) 박도제, “한국 조선 트리플 1위 중국에 내주나”, 헤럴드 경제, 2009.
- 5) 이현식, “조선기자재산업의 고부가가치화 전략”, 한국조선기자재연구원, 부산테크노포럼 20차 발표자료, 2007.
- 6) Forman, E. H. and Peniwati, K., “Aggregating Indi-

- vidual Judgements and Priorities with the Analytic Hierarchy Process”, *European Journal of Operational Research* 108, pp. 165~169, 1998.
- 7) Wind Y. and Gross, D., “An Analytic Hierarchy Approach to the Allocation of Resources within a Target Product / Market / Distribution Portfolio”, *Proceeding of the First ORSA/ITMS Special Interest Conference on Market Measurement and Analysis*, Stanford University, pp. 278~297, 1980.
 - 8) Dyer, R. F. and Forman, E. H., “An Analytic Approach to Marketing Decisions”, Prentice-Hall, 1991.
 - 9) Saaty, T. L. and Ozdemir, M. S., “Why the Magic Number Seven Plus or Minus Two”, *Mathematical and Computer Modelling* 38, pp. 233~144, 2003.
 - 10) Saaty, T. L., “Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes”, *European Journal of Operational Research* 168, pp. 557~570, 2006.
 - 11) Harker, P. T. and Vargas, L. G., “Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process”, *Management Science*, Vol. 33, No. 11, pp. 1383~1403, 1987.