

# DEA분석 기법을 이용한 안전관리체제 운영효율성 분석

양형선\* · 김철승\*\* · 노창균\*\*\*

\* 목포해양대학교 마린시뮬레이션센터, \*\*, \*\*\* 목포해양대학교 해상운송시스템학부

## An Analysis on the Operation Efficiency of Safety Management System using DEA Method

Hyoung Seon Yang\* · Chol Seong Kim\*\* · Chang Kyun Noh\*\*\*

\* Full-time Researcher of Marine Simulation Center, Mokpo Maritime University  
\*\*, \*\*\* Division of Maritime Transportation System, Mokpo Maritime University

**요 약** : 본 연구에서는 국내 해운회사의 안전관리를 위한 여러 가지 투입요소와 산출요소들에 대한 자료를 설문조사하고, 각 해운회사간의 안전관리체제 이행에 따른 효율성을 DEA 분석법을 사용하여 분석하였다. 1998년~2004년까지 각 해운회사의 안전관리체제의 운영효율성을 DEA모형으로 분석한 결과, 효율성 평균지수가 매년 감소하는 추세를 나타내었다. 효율성 평균지수가 매년 낮아지는 경향을 보이는 이유는 해양사고 건수, PSC지적 건수, 선박보험료, P&I 보험료는 매년 감소하는 것에 비해 선박수리비, 선용품비와 선박 불가동일수는 매년 감소하지 않고 오히려 증가하는 경향을 보이고 있는 것이 주요한 원인으로 분석되었다.

**핵심용어** : 국제안전관리규약, 안전관리체제, 운영효율성, DEA분석법, 의사결정단위

**ABSTRACT** : In this study, we have investigated several input factors and output factors to maintain safety management of domestic shipping companies, and then have analyzed the efficiency of performance about each shipping companies' safety management system from 1998 year to 2004 year using DEA method. The result of analysis shows that the annual mean efficiency index of total companies tended downward every year. Analysis was that the cause was increase of the cost of repairing ship, the cost of ship's stores and idle day of ship while the number of marine accidents and sanctions of PSC, ship's insurances and P&I insurances was decreased.

**KEY WORDS** : ISM Code, Safety Management System, DEA method, DMU, The efficiency of performance

### 1. 서 론

1998년 7월 국제안전관리규약(ISM Code)의 강제적인 시행을 계획한 이후 ISM Code를 도입한 국내 해운기업들의 경영 효율성에 대한 평가를 내리는 것은 쉬운 일이 아니다. 일반적으로 대기업은 중소기업에 비해 복잡한 시스템을 필요로 하므로 안전관리체제는 소규모의 회사보다 대규모의 회사에서 더 복잡하게 수립하게 된다. 따라서 국내 해운기업에 대한 ISM Code의 전체적인 효율성을 분석하는 것은 방대한 자료 수집과 수집된 자료의 정확성이 전제되어야 한다. 또한 해운회사의 경영규모에 따라서 그 평가 방법이 달라지므로 사실상 쉬운 일이 아니지만, 본 연구에서는 수집된 자료를 토대로

DEA(Data Envelopment Analysis)분석 기법을 이용하여 ISM Code를 국내에 도입한 이후 각 해운회사들의 안전관리체제의 운영효율성에 대한 검토를 하고자 한다.

### 2. 자료포괄분석법(DEA)

Charnes, Cooper, Rhodes가 제시한 DEA모형(Charnes, Cooper and Rodes, 1978)은 다수의 산출요소와 투입요소간의 관계를 객관적인 방법으로 동시에 고려하여 그 효율성 값을 도출하는 방법으로서, 기존의 생산성 측정방법이 가지고 있는 문제점들을 극복한 비모수적 방법이다. 평가대상인 의사결정단위(Decision Making Unit: DMU)들의 효율성 값을 측정하는 과정에서 각각의 산출물 또는 투입요소에 대해 미리 결정된 가중치를 필요로 하지 않을 뿐만 아니라, 비효율성이 어느 부분에서 얼마정도가 발생하는지에 대한 정보를 제공해

\* 대표저자 : 종신회원, epicyang@mmu.ac.kr 061)240-7070  
\*\* 정회원, chkimu@mmu.ac.kr 061)240-7037  
\*\*\* 정회원, cknoh@mmu.ac.kr 061)240-7229

주는 상대적인 평가 방법이다.

DEA는 선형계획법에 근거한 효율성 측정방법으로서 통계학적인 회귀분석법과는 달리 사전적으로 구체적인 함수형태를 가정하고 모수(parameter)를 추정하는 것이 아니고 일반적으로 생산 가능집합에 적용되는 몇 가지의 기준 하에서 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출물간의 자료를 이용해 경험적 효율성 프론티어를 평가대상으로 비교하여 평가대상의 효율치를 측정하는 비모수적 접근방법이다. DEA는 원래 비영리적 목적으로 개발된 방법이다. 이러한 투입과 산출들을 결합할 수 있는 시장가격은 존재하지 않는 것이 대개의 DMU가 처한 현실이며, 이럴 경우 효율성은 차선적인 차원, 즉 상대적인 관점에서 측정될 수밖에 없을 것이다. 따라서 이들은 효율적 DMU들이 경험적으로 형성하는 효율성 프론티어를 통해 각 DMU의 상대적 효율성을 측정할 수 있을 것이다. DEA분석방법의 우수성은 다수의 투입요소를 사용하여 다수의 산출물이 생산되는 복잡한 생산구조에서 유사한 투입산출물을 갖는 단위끼리 비교하여 상대적인 능률성을 측정해 주고 임의적 가중치를 정할 필요가 없으며, 자료를 분석할 때 투입과 산출의 원래단위를 그대로 사용이 가능하다는 점에서 우수하다(송, 2004). DEA는 능률성 측정에 있어서 다수의 투입물과 산출물(multiple inputs and outputs)을 모두 고려 할 수 있고, DMU들의 투입량과 산출물에 대하여 각 DMU의 능률성을 계산하는 방법을 제시하여 주기 때문에 초기에는 학교, 군대, 경찰서, 법원, 병원, 보건소, 정부투자기관 및 지방정부 등과 같은 비영리조직을 대상으로 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 최근 들어 영리활동을 목적으로 하는 기업들의 효율성 분석에까지 확장되고 있는 추세이다.

DEA는 유사한 다수 투입요소를 사용하여 유사한 다수 생산물을 얻기 위하여 유사한 기술을 사용하는 DMU들 간의 상대적 효율성을 측정하기 위한 선형계획기법이다. 즉, 어떤 DMU의 상대적 효율성의 척도( $h_o$ )는 투입요소의 가중합에 대한 산출요소의 가중합의 비율로서 극대 값으로 표현되며, 이 때 제약조건은 평가되는 DMU를 포함한 모든 DMU의 효율성 값이 '1' 과 같거나 혹은 '1' 보다 작아야 한다는 것이다. 어떤 DMUo의 효율성을 측정하는 방법은 다음과 같다.

$$\text{목적함수 : Max } h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad (1)$$

제약조건:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j=1, 2, \dots, n$$

$$\frac{u_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \geq \epsilon > 0, \quad r=1, 2, \dots, s$$

$$\frac{v_i}{\sum_{j=1}^n v_i x_{ij}} \geq \epsilon > 0, \quad i=1, 2, \dots, m$$

- 여기서  $i=1, 2, \dots, m$  (투입요소  $x$ 의 수)
- $j=1, 2, \dots, n$  (DMU의 수)
- $r=1, 2, \dots, s$  (산출물  $y$ 의 수)
- $u_r$  : 산출물  $r$ 의 가중치
- $v_i$  : 투입물  $i$ 의 가중치
- $x_{ij}$  :  $j$ 번째 DMU의  $i$ 번째 투입물량
- $y_{rj}$  :  $j$ 번째 DMU의  $r$ 번째 투입물량

을 나타낸다. 이 식은 (s+m)개의 제약식과 n개의 함수를 갖는 비선형(nonlinear programming) 문제가 되고,  $\epsilon$ 은 상수로  $u_r$ 과  $v_i$ 가 양의 값이 되도록  $u_r$ 과  $v_i$ 를 제약한다.

만약 DMUo가 동일한 투입요소를 사용하여 동일한 산출을 생산하는 다른 DMU들과 비교해서 효율적인 경우에만  $h_o^*=1$ 이 성립되며, 이 때 최적의  $u_r^*, v_i^*$ 는 DMU가 가능한 최고의 효율치를 주도록 선택된다. 따라서 식(1)의 해는 DMUo의 효율성 값을 극대화( $h_o^*$ ) 시킬 수 있는 ( $u_r^*, v_i^*$ )의 값이다. 식(1)의 모형은 비선형이고 비볼록(non-convex)이므로 Charnes와 Cooper가 제시한 분수계획법(fractional programming)에 따라 이를 통상의 선형계획문제로 대체할 수 있다.

$$\text{목적함수 : Max } \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \quad (2)$$

$$\text{제약조건 : } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1 \quad (4)$$

$$u_r \text{ and } v_i \geq 0 \quad (5)$$

### 3. DEA모형을 이용한 효율성 평가 및 분석

DEA 모형을 적용하여 해운기업의 안전관리시스템 운영에 대한 효율성을 평가하기 위해서는 투입요소와 그에 따른 산출요소로 구분 되어져야 할 것이다. 안전관리시스템의 운영은 선박의 안전을 도모함으로 Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 안전관리시스템을 유지하기 위한 시간과 비용이 투입요소가 되고 그 결과물로 나타나는 선박의 안전을 산출요소로 간주할 수 있다. 또한 투입요소와 산출요소는 정량적인 세부 요소로 정

하여져야만 한다.

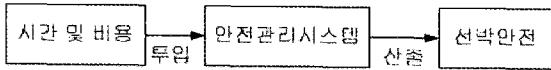


Fig. 1. Conceptual model(Input-Output).

지금까지 우리나라 해운기업의 ISM Code에 의한 안전관리 시스템에 대한 이행성과 분석방법은 회사마다 달리 기준을 정하여 시행하고 있으나 크게 비용분석을 중심으로 한 정량적인 방법과 안전관리 효율성을 분석하는 정성적인 방법 2가지로 구분할 수 있다(조와 김, 2001). 비용분석으로는 선박보험료 및 P&I 보험료 분석, 운항원가 분석, 불가동손실액 분석 등으로 이루어지며, 효율성분석으로는 선박의 사고로 인한 부적합 사항과 PSC의 지적사항 및 시스템 부적합사항으로 구성되는 부적합사항 분석, 보고 및 수용건수 분석, 안전품질관리 이행 만족도 평가 그리고 선박운항 일정이 지연되는 회수 대비 전체 운항일수로 평가되는 정시율 분석 등으로 이루어진다.

인증기관의 안전관리활동의 일환으로써 한국선급의 해사 안전경영평가시스템(Marine Safety Management Evaluation System; SMES)이나 노르웨이 선급협회의 국제안전등급평가 시스템(International Safety Rating System; ISRS) 등을 이용하여 선박 및 선사의 안전품질관리 수준을 점수화 또는 등급화 시키는 방법이 있다. 한국선급의 해사안전경영시스템은 선사의 이상적인 안전경영시스템의 수립 및 유지를 위한 모델을 제시하고 회사의 안전경영수준을 판단하는 기준으로 ① 인적 자원관리, ② 안전경영조직, ③ 비상대응, ④사고조사 및 분석, ⑤선박 및 설비의 점검과 정비, ⑥항행 안전관리, ⑦ 작업안전, ⑧구매 및 계약관리 등 8가지 요소를 평가항목으로 제시하고 있다.

ISM을 시행한 국내 해운회사들의 DEA모형을 통한 상대적인 효율성 평가를 위해 안전관리체제 운영에 필요한 사항과 그로 인해 발생하는 사항을 투입요소와 산출요소로 선정하여야 할 필요가 있다.

낼 수 있는 공통적인 세부 요소들과 산출물로 간주되는 선박 안전의 정도를 정량적으로 나타낼 수 있는 공통적인 세부요소들을 검토하여 Table 1과 같이 투입요소와 산출요소로 설정하고 효율성 분석을 실시하였다.

분석 대상으로 국내 해운회사 50곳에 대해 자료를 요청하였으나, 이중 23개사만의 ISM 시행에 대한 투입요소와 산출요소에 대한 자료를 수집할 수 있었다. 이들 해운회사들을 각각의 DMU로 간주하고 DEA 모형에 의한 상대적 효율성 분석을 실시하였으며, 분석 대상 기간은 ISM 국내 도입년도인 1998년부터 2004년까지로 한정하였다. 하지만 2002년 7월 1일부터 국내 선종별, 톤수별 내항선박 안전관리체제 시행의 무화 이전의 자료들의 수집이 사실상 한정되어 있으므로 1998년 ~ 2001년 사이의 분석은 신뢰성이 다소 낮아지는 면이 있으나 정량적인 분석을 통하여 안전관리체제의 운영에 필요한 여러 가지 투입요소와 산출요소들의 복잡한 관계를 DEA모형으로 분석함으로써, 타 해운회사의 ISM 운영에 대한 상대적인 효율성을 파악할 수 있다는데 그 의미를 둘 수 있다.

본 연구에 사용된 DEA분석법은 가중치를 적용한 산출요소들의 합, 즉 목적함수를 최대화 하는 값으로 효율성이 산정되지만 위에서 제시한 산출요소의 특성은 산출요소의 값이 최소가 되어야만 효율성 있다고 간주할 수 있으므로 각 해운회사의 산출요소의 값을 변환 시켜야 할 필요가 있다. 산출요소 항목별 최대값과 DMU라고 할 수 있는 각 해운회사의 산출요소 변수에 해당하는 값의 차이로 데이터를 변환하여, 투입요소와 산출요소에 대한 목적함수의 최대값으로 해운회사의 효율성을 분석하였다. ISM 도입에 대한 상대적 효율성분석에 포함된 국내 해운회사와 각 해운회사의 5개의 투입요소와 7개의 산출요소에 필요한 자료는 Table 2~8에 나타난 바와 같다. 또한 현대상선의 경우 선박수리비 산출자료에 대한 자료를 수집하는 데 있어 제약이 있어, 현대상선과 경영규모가 비슷한 한진해운의 선박수리비에 준하여 추정하였다.

Table 1. Input factors and output factors

투입요소	산출요소
• ISM 유지선박 척수(V1)	• 해양사고 건수(U1)
• ISM 관리 직원수(V2)	• PSC 지적 건수(U2)
• ISM 시스템 유지 투입시간(V3)	• 선박수리비(U3)
• ISM 시스템 유지 투입비용(V4)	• 선용품비(U4)
• 내부 심사 총 소요 시간(V5)	• 선박 불가동일수(U5)
	• 선박보험료(U6)
	• P&I 보험료(U7)

Fig. 1과 위에서 설명한 바와 같이 ISM Code에 의한 안전관리시스템 유지에 투입되는 시간과 비용을 정량적으로 나타

Table 2. Input and output data classified by DMU(1998)

구분	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	V1	V2	V3	V4	V5
DMU01	84	25	6105000	4540000	2	4713000	4120000	46	7	1108	650395	1104
DMU02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU03	8	0	417964	579920	34	393331	632300	6	3	25000	11016	13
DMU04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU07	9	164	445000	414000	14	480000	520000	12	2	5017	65000	182
DMU08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU11	5	27	450412	1523519	0	632164	376433	15	3	13712	45000	240
DMU12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU18	5	80	1252099	128910	3.32	1167821	646473	7	2	6548	74000	140
DMU19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 3. Input and output data classified by DMU(1999)

구분	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	V1	V2	V3	V4	V5
DMU01	66	17	6804000	5346000	0	3752000	1985000	43	7	1108	911079	1032
DMU02	10	246	14240930	55000	0	8727000	4516000	90	7	15512	223105	2880
DMU03	2	0	648998	986655	17	251970	575600	5	3	25000	10557	120
DMU04	4	6	914800	45000	0	80717	190000	1	1	4432	10000	32
DMU05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU07	6	191	423000	396000	15	476000	540000	12	2	5817	65000	192
DMU08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU11	3	24	470721	1293870	0	448933	364747	15	3	13712	45000	240
DMU12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU18	4	92	1735092	107929	0	1005674	505927	8	2	7597	44000	160
DMU19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 6. Input and output data classified by DMU(2002)

구분	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	V1	V2	V3	V4	V5
DMU01	44	42	10513000	10707000	85	3789000	2079000	45	8	1108	1283830	1080
DMU02	6	117	18689777	50000	0	13507000	5941000	20	8	17728	136438	2496
DMU03	4	73	896272	1097809	17	194029	582000	4	3	25000	9015	104
DMU04	3	14	918490	48000	0	112876	178614	2	1	4432	10000	32
DMU05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU06	0	0	120000	150000	0	143000	949000	2	1	35	8000	16
DMU07	9	257	675552	642668	12	670000	770000	16	1	6548	85000	256
DMU08	1	0	407740	151450	7	145475	78448	3	1	1662	5600	40
DMU09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU10	0	2	456000	78000	0	76400	109000	2	1	2216	9000	16
DMU11	1	87	415505	1978870	0	467017	494967	15	3	13712	50000	240
DMU12	4	19	456000	550000	2	290000	429000	7	3	8954	18000	112
DMU13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU15	10	7	24000	15000	0	110000	119000	9	1	2216	180000	144
DMU16	1	13	89500	12500	350	42000	29500	1	3	831	30000	1000
DMU17	18	30	965340	502340	18	253000	314000	5	2	5540	40000	144
DMU18	17	109	2546089	108217	2.21	707758	388412	8	2	7597	55000	160
DMU19	29	07	67041	29501123	715559	210427	16	2	4905	26000	128	
DMU20	9	74	2169140	1735319	3.5	1214510	1273150	20	2	1649	22551	320
DMU21	1	12	1200000	120000	0	240000	480000	12	3	300	29000	48
DMU22	1	0	200000	22000	15	62000	64000	1	1	2216	12000	16
DMU23	1	0	160000	7800	15	36300	2600	1	1	2216	6000	16

Table 4. Input and output data classified by DMU(2000)

구분	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	V1	V2	V3	V4	V5
DMU01	59	25	12734000	7003000	61	3368000	1561000	45	8	1108	1006524	1060
DMU02	9	246	25750977	55000	0	11536000	4670000	91	8	17728	225580	2912
DMU03	4	6	1050345	1828104	18	199991	512000	5	3	25000	10115	120
DMU04	3	4	299125	48000	0	81552	120012	1	1	4432	10000	32
DMU05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU07	7	213	432038	409284	13	516000	615000	13	2	6094	70000	208
DMU08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU11	6	32	437799	1312893	0	387148	347796	15	3	13712	50000	240
DMU12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU15	11	90	24000	12000	0	110000	110000	9	1	2216	180000	144
DMU16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU18	3	65	2142150	106313	0	754830	429204	9	1	8547	48000	160
DMU19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU23	3	0	100000	8000	20	37000	25000	1	1	2216	6000	16

Table 5. Input and output data classified by DMU(2001)

구분	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	V1	V2	V3	V4	V5
DMU01	66	25	8333000	8310140	10	3689000	2183000	46	8	1108	1194737	1104
DMU02	13	207	15035630	60000	0	8728000	4598000	83	9	19944	205753	2656
DMU03	5	45	595553	1054827	68	219205	512000	5	3	25000	11352	120
DMU04	4	15	316423	44000	0	105511	155728	2	1	4432	10000	32
DMU05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU07	8	240	611285	571404	11	605000	715000	15	2	6094	80000	240
DMU08	0	1	4498866	44771	5	129252	81047	2	1	1562	800	40
DMU09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU11	2	57	461000	1246572	0	424759	396823	15	3	13712	50000	240
DMU12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU15	13	92	23000	14000	0	110000	110000	9	1	2216	180000	144
DMU16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU17	19	30	451290	359310	18	244000	294000	6	2	5540	80000	192
DMU18	5	97	1875415	113276	0.5	688539	422504	9	1	8547	51000	180
DMU19	38	121	109322	9440	754	675230	104972	18	2	4985	29700	144
DMU20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU23	3	0	100000	8000	18	37500	25500	1	1	2216	6000	16

Table 7. Input and output data classified by DMU(2003)

구분	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	V1	V2	V3	V4	V5
DMU01	39	23	12694000	13103000	15	3689000	2004000	45	8	1108	1372923	1080
DMU02	3	76	14986500	60000	0	11517000	6557000	51	7	15512	90770	1532
DMU03	7	72	388370	710218	95	223790	1123000	4	3	25000	11180	104
DMU04	2	14	488070	46000	0	147420	216944	2	1	4432	10000	32
DMU05	37	65	0	0	0	52000	34000	4	2	6548	0	84
DMU06	2	1	280000	360000	0	382950	161000	4	1	96	16000	32
DMU07	6	248	768478	700437	10	715000	815000	17	2	7479	90000	272
DMU08	4	0	619378	297149	0	170784	125687	5	1	1662	15600	72
DMU09	2	0	26000	200000	2	120000	70000	2	2	2950	1000	48
DMU10	0	1	544000	168000	0	77400	103000	2	1	2216	9000	16
DMU11	0	38	543215	1795189	0	421514	529537	15	3	13712	65000	240
DMU12	3	15	398000	400000	1	240000	360000	6	3	8954	18000	96
DMU13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMU15	13	61	35000	15000	0	110000	110000	7	1	2216	140000	112
DMU16	1	9	74200	9200	354	78000	52000	2	3	810	25000	1500
DMU17	13	25	185170	359300	12	262000	394000	6	2	5540	30000	96
DMU18	21	70	1755067	129865	0	537659	359138	7	2	7884	68000	140
DMU19	41	134	54296	24721	515	755565	240119	16	3	7479	28120	128
DMU20	49	182	1851412	1191112	2.9	1145596	1551014	17	2	3888	72031	272
DMU21	1	11	1100000	110000	44	210000	390000	11	3	280	27000	44
DMU22	1	0	200000	23000	43	6200						

Table 9. The result of efficiency analysis

구분	2004년	2003년	2002년	2001년	2000년	1999년	1998년
한진해운	0.127	0.043	0.115	1.000	1.000	1.000	1.000
현대상선	0.115	0.144	0.125	0.112	0.175	0.285	
동남아해운	0.470	0.414	0.629	0.369	0.622	0.978	1.000
대일상선	0.884	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
미래고속	0.388	0.043					
부광해운	0.853	1.000	1.000				
코리아일매니저	0.156	0.490	0.909	0.497	0.494	0.780	1.000
쌍에인스	0.740	1.000	1.000	1.000			
보고라인	1.000	1.000					
해운랜드	0.869	1.000	1.000				
고려해운	0.192	0.333	0.333	0.338	0.333	0.344	1.000
두왕선박	0.485	0.346	0.335				
질하선박	1.000	1.000					
대림H&L	0.364	0.490					
천경해운	0.305	1.000	1.000	1.000	1.000		
동원상선	0.831	0.905	1.000				
금양상선	0.322	0.500	0.493				
삼선포척스	0.246	0.500	0.499	0.494	1.000	0.583	1.000
신성해운	0.284	0.336	0.502	0.999			
KC-LINE	0.253	0.497	0.498	0.500			
SK해운	0.800	0.722	0.334				
우케이원협	1.000	1.000	1.000				
동원해운	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
효율성지수	0.55	0.64	0.69	0.69	0.74	0.71	1.00
효율적인 DMU 수	4	8	8	5	5	2	5

1998년~2004년까지 국내 해운회사의 ISM 도입에 따른 DEA모형 효율성 분석을 실시한 결과 Table 9와 같은 결과를 확인할 수 있었다. 분석결과 1998년도에 5개 해운회사 모두가 효율성 지수 1.0로 나타났다. 그 원인은 당시 총톤수 500톤 이상의 외항선에 한하여 ISM Code 적용되었으며, 이로 인해 ISM Code에 의한 안전관리체제를 시행한 해운회사의 수는 상대적으로 적고, 또한 자료 수집상에 제한으로 효율성 비교 대상 DMU 개체수가 작은 이유이다. 1999년에는 2개 업체, 2000년에는 5개 업체, 2001년도에는 5개 업체, 2002년도에는 8개 업체, 2003년도에는 8개 업체, 2004년도에는 4개 업체가 효율성이 있는 것으로 나타났다. 각 연도별 효율성지수 평균은 1998년도에는 1.0, 1999년도에는 0.71, 2000년도에는 0.74, 2001년도에는 0.69, 2002년도에는 0.68, 2003년도에는 0.64, 2004년도에는 0.55로 점점 효율성 평균지수 측면에서 낮아지는 경향을 나타내고 있다. Table 9에 나타나 있는 한진해운의 효율성 지수는 1998년~2001년 사이에 1.0을 유지하다가 2002년에 갑자기 0.115로 급락하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 2001년에 비해 2002년의 투입물량은 거의 변함이 없었지만 선박수리비(U3), 선용품비(U4) 및 선박불가동일수(U5)의 산출물량이 급격하게 증가한 것이 그 원인으로 판단된다.

ISM 국내 도입 이후 그 성과를 분석하기 위해 국내 해운회사의 선박사고율 및 보험요율에 대한 자료를 토대로 통계 분석에 의하면 해양사고는 ISM 이행 1년 전에 비해 ISM 이행 8년차에는 약 14.4%가 감소하였고 준사고의 경우에는 약 51.6%가 감소하는 추세를 나타냈으며, 특히 해양사고로 직결될 수도 있는 준사고 발생의 경우에는 해양사고의 감소 추세보다 약 3.5배 이상의 감소 경향을 나타내는 성과를 획득한 것으로 분석되었다(해양수산부, 2005). 하지만 이러한 성과에 비해 효율성 평균지수가 매년 낮아지는 경향을 보이는 이유를 고찰할 필요가 있다.

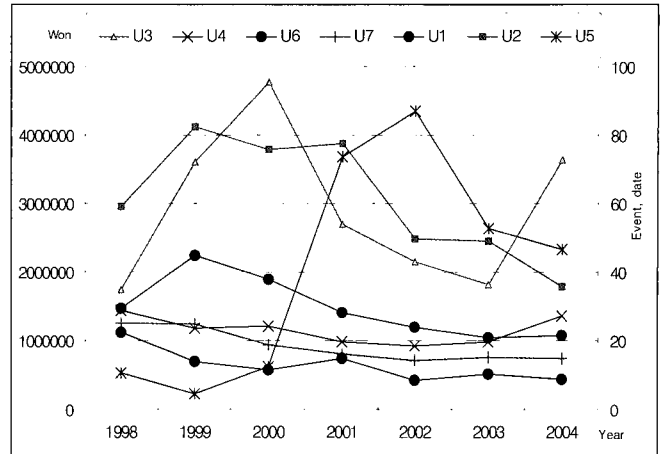


Fig. 2. Annual mean output quantity by output factors.

DEA 분석의 제약조건인 식(4)는 투입물량이 일정하다고 가정할 때 산출물량의 최대화를 만족하게 하는 것이므로 각 해운회사의 안전관리체제를 유지하기 위한 투입물량이 일정하다고 한다면 산출물량의 변화에 따라 효율성이 변하게 된다. 연도별 각 산출물량의 평균 변화 추세를 나타낸 Fig. 2에서 보는 바와 같이 해양사고 건수(U1), PSC지적 건수(U2), 선박보험료(U6), P&I 보험료(U7)는 매년 감소하는 경향을 나타내고 있지만, 선박수리비(U3), 선용품비(U4)와 선박 불가동일수(U5)는 매년 감소추세를 나타내지 않고 오히려 증가하는 경향을 보이고 있는 것을 파악할 수 있다. 따라서 선박수리비(U3), 선용품비(U4)와 선박 불가동일수(U5)의 증가가 효율성 평균지수가 매년 낮아지는 주요한 원인이 되는 것으로 분석 되었다. 또한 DEA분석법은 상대적인 효율성을 분석하는 것이므로 ISM 시행단계인 1998년 ~ 2000년 사이에는 해운회사의 투입요소와 산출요소에 대한 자료 수집의 제약으로 인해 이러한 DMU 개체수의 손실은 효율성 분석에 일부의 제한으로 인정된다. 경영규모가 큰 해운회사인 한진해운과 현대상선의 효율성이 다른 업체에 비해 낮게 나타나고 있으며, 그 이유는 대기업으로서 갖는 업무의 복잡성과 경영규모 그리고 ISM을 경영하기 위한 시스템의 복잡성으로 인해 시스템을 개발하고 유지하기 위한 비용 및 투입시간이 중소기업에 비하여 상대적으로 많이 차지하는 것으로 판단된다. 또한 대기업이 투입하는 선박은 중소기업에 비해 상대적으로 더 큰 규모와 총톤수를 갖게 되므로 이로 인해 비록 평가되는 선박의 척수가 같다 할지라도 이에 투입되는 비용과 시간이 달라지는 것도 그 하나의 원인으로 판단된다.

#### 4. 결론

ISM Code의 국내 해운회사 도입에 대한 효율성 분석은 경영주체의 규모, 관리체제의 복잡성, 방대한 자료 수집 및 자료의 신뢰성 등에 관한 복잡한 투입요소의 효율성 분석 대신에 안전관리를 위한 여러 가지 투입요소와 산출요소들에 대한 자

료를 설문조사하여 각 해운회사간의 안전관리체제 이행에 따른 상대적인 효율성을 DEA 분석법을 통하여 분석하였다.

1998년~2004년까지 각 해운회사의 안전관리체제의 운영 효율성을 DEA모형으로 분석한 결과 효율성 평균지수가 매년 감소하는 추세를 나타내었다. 해양수산부의 연구보고서(해양수산부, 2005)에 의하면 ISM 국내 도입 이후 국내 해운회사의 해양사고는 ISM 이행 1년 전에 비해 ISM 이행 8년차에는 약 14.4%가 감소하였고 준사고의 경우에는 약 51.6%가 감소하였다. 그럼에도 불구하고 효율성 평균지수가 매년 낮아지는 경향을 보이는 이유는 해양사고 건수, PSC지적 건수, 선박보험료, P&I 보험료는 매년 감소하는 것에 비해 선박수리비, 선용품비와 선박 불가동일수는 매년 감소하지 않고 오히려 증가하는 경향을 보이고 있는 것이 그 주요한 원인으로 분석되었다.

DEA분석법을 이용한 상대적 효율성을 분석하는 것으로서 경영규모의 유사성과 투입요소와 산출요소의 유사성이 실질적으로 필요하다. 따라서 해운회사의 대기업과 중소기업의 경영규모가 다르고 각 해운회사가 보유하는 선박의 크기, 즉 총톤수가 상이함으로 인해 선박의 수리비용, 선용품비용, 보험료 등의 차이가 발생함으로 정확한 효율성을 평가하는 부분에서는 제약을 받는다. 또한 해양사고로 인해 발생하는 사고처리비용 및 선박 수리비용에 대한 자료와 투입요소와 산출요소의 비용부분에 포함되는 값이 해운회사가 보유한 선박의 전체 총톤수에 비례하여 정량화 하여 분석하고자 하였으나 이러한 자료를 수집하는데 있어 실질적인 제약을 받음으로 인해 효율성 분석에 있어 어려운 요인으로 작용하였다.

지금까지 연구된 효율성 분석을 초석으로 하여 투입요소와 산출요소의 정량화 하는 부분과 해양사고로 발생하는 처리비용을 고려하는 방법에 대한 연구가 앞으로 계속 진행된다면 해운회사의 ISM 안전관리체제 운영의 효율성 분석에 관하여 더욱 신뢰성 있는 평가를 할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 송재영(2004), 컨테이너 항만의 효율성 분석에 관한 연구, 한국해양대학교 박사학위논문, pp.29~74.
- [2] 조동오, 김영모(2001), 해운기업의 품질코스트가 해양안전에 미치는 영향 연구, 한국해사재단, pp.7~109.
- [3] 해양수산부(2005), 국제안전관리규약(ISM Code) 국내도입 성과분석 및 발전방안 수립 연구, 해양수산부, pp. 69~73.
- [4] Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rodes(1978), "Measuring the efficiency of decision making units: European Journal of Operational Research, 2, pp. 429~444.

---

원고접수일 : 2006 년 11 월 22 일

원고채택일 : 2007 년 1 월 22 일