

공급사슬망의 에너지 절약을 위한 MFCA 도입 방안 연구

이 두 용* · 장 정 환* · 장 청 윤* · 조 용 철** · 이 창 호*

*인하대학교 산업공학과

*한국항만연수원 인천연수원

A Study on the Introduction of MFCA for Energy Saving in Supply Chain

Doo-Yong Lee* · Jung-Hwan Jang* · Jing-lun Zhang* · Yong-Chul Jho** · Chang-Ho Lee*

*Department of Industrial Engineering, INHA University

Abstract

Supply chain including transportation expend the 21% of domestic energy consumption. It is necessary to diminish the excess energy usage at entire supply chain. This paper deals with the application of MFCA(Material Flow Cost Accounting) for SCM to save energy consumption. We construct the material center corresponding to each logistics function in order to apply the MFCA for GCM(Green Chain Management). We also construct the MFCA framework which consists of MFCA Database Management, MFCA Visualization, GCM Data Integration, GCM Data Tracking, and MFCA Data Predict & Assignment. We expect to help determining the range of logistics function to apply the MFCA for GCM.

Keywords : MFCA, Green SCM, GCM, Supply Chain

1. 서 론

21세기 환경의 시대로 인식되면서 대량생산에서 대량유통으로 또 대량소비로 이루어졌던 경제 발전의 부산물인 대기오염과 폐기물 문제를 적극적으로 해결하고자 하는 의지가 반영되고 있다. 과거의 환경문제가 물질적 풍요와 비금전적 생활의 질 사이의 균형을 위협하는 특수하고 개별적이고 국지적인 문제로 인식되어왔다면, 오늘날의 환경문제는 일반적이고 복합적이며 세계적으로 발생하는 전 인류의 생존이 걸린 문제로 부각되고 있다[7].

이러한 세계적인 흐름속에 현재 물류부문의 트렌드는 자재 및 제품이 최종소비자에게 이르는 단계에서 발생하는 포장, 운송, 하역, 보관과 관련된 전통적 물류

활동 뿐만아니라 일정기간 사용된 후 최종소비자로부터 폐기되는 제품 및 자재를 회수하여 각각의 상태에 따라 분류한 후, 필요한 2차 가공 과정 또는 최종 폐기처분을 위하여 운송 및 재분배하는 과정과 관련된 역물류 활동전체가 지구환경에 미치는 부정적 영향을 억제할 수 있도록 설계된 환경친화적 물류활동이 대두되고 있다. 환경친화적 물류활동이 이루어지는 단계에서 중요한 부분은 운송단계로 환경유발요인인 화석연료로 인한 이산화탄소 배출, 매연 및 소음, 진동 등이 있고, 물류관리상의 노력으로 개선이 가능한 영역으로 연료절감, 소음, 오염물질 배출 감소, 혼잡비용 등이 있다[1][7].

본 연구에서는 환경친화적 물류활동을 위해 물류부문에서의 물질흐름을 분석하고 물질흐름원가회계 측면에서 물류에의 도입 방안을 연구하고자 한다.

† 본 연구는 인하대학교 교내연구비 지원으로 연구되었음

† 교신저자: 이창호, 인천시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

M · P: 010-3761-2995, E-mail: lch5601@inha.ac.kr

2012년 10월 20일 접수; 2012년 12월 8일 수정본 접수; 2012년 12월 12일 게재확정

2. 이론적 배경

2.1 MFCA 정의

물질흐름원가회계(MFCA: Material Flow Cost Accounting)은 생산 공정 또는 제품 전 과정(Product Life-Cycle)의 각 단계에 투입된 물질(Materials)과 그로부터 산출된 제품(양품) 및 손실(Loss)에 대한 원가를 파악하여 원가절감과 동시에 자원의 손실을 최소화하기 위한 관리기법이다. 여기에서 자원의 손실이란 불량품 뿐 아니라 제품 전 과정 상에서 발생하는 정상적인 폐기물, 폐수 등을 포함하는 개념이다[2][3][5][6].

따라서 MFCA는 불량률 감소를 위해 이루어지는 수율관리활동을 포함하지만 그보다 훨씬 포괄적이다. 즉, 불량품 뿐 아니라 정상적인 공정에서 발생하는 폐기물, 폐수 등에 대해서도 물량단위 뿐 아니라 화폐단위로 정확한 원가를 파악하여 이를 최소화하기 위한 관리기법으로서 궁극적으로 폐기물발생의 제로화를 목적으로 한다[2][3][5][6].

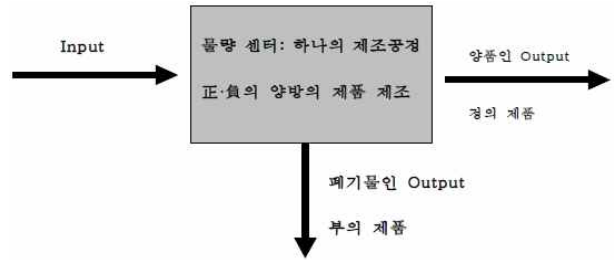
MFCA는 공정관리 및 환경영향감소를 목적으로 하는 물질흐름분석과 원가관리 및 효율적 경영의사결정을 목적으로 하는 관리회계시스템이 결합되어 탄생하게 되었다. MFCA는 전통적인 공학적 분석방법인 물질수지표에 기초를 두고 있는데, 물질수지표는 각 단위 공정에 대해 공정의 모든 투입과 산출을 정확히 분석한 표로서 생산 활동을 비롯한 기업의 모든 활동이 생태계에 미치는 환경부하를 파악하기 위한 기법으로 유럽에서 개발되었다. 그러나 물질수지표는 물질흐름을 분석하는데 그치지 때문에 각 물질데이터의 기업경영에 대한 상대적 중요성을 비교하는 것이 불가능하여 경영관리기법으로서 한계를 가진다. 따라서 제품에 포함되는 원재료나 폐기물을 구성하는 원재료에 관한 물량정보 뿐 아니라 가치정보를 동시에 파악하여 물질수지표나 전통적인 원가계산시스템이 밝혀 내지 못하는 원가 및 원재료손실을 파악하여 절감할 수 있도록 고안된 것이 MFCA이다[4][5].

2.2 MFCA 구조

MFCA는 매스 밸런스와 원가계산을 통합한 시스템이다. 따라서 기본적인 틀은 기업으로의 Input 시점을 시작점으로 하여 생산과정을 거치고 기업에서의 Output 시점을 종점으로 하는 기업 내의 프로세스 사이를 물질(에너지 포함)이 어떻게 흘러가고 체류하는 가를 일정 기간 모니터링하는 것이 된다[5][7].

즉, MFCA에서는 프로세스 간에 몇 개 정도의 매스

밸런스를 취하는 측정점을 설정하고 그 측정점의 Input과 Output을 물질별로 물량으로 측정·기록한다. 이 측정점은 물량센터라 불린다. 단, 일반적인 매스 밸런스에서는 기업의 내부에의 Input과 기업외부에의 Output으로서 파악하지만 물질흐름원가회계의 경우 하나의 가공 프로세스를 하나의 물량센터로 한다면 Output은 다음 공정에 넘겨져서 제품이 되는 양품에 속하는 물질과 폐기물에 속하는 물질로 구분하여 파악한다[5][7].



<Figure 1> Manufacturing process of the MFCA

MFCA에서 필요로 하는 코스트 계산은 제조 코스트 가치의 회수 목적이 아니라 물질적인 구성 비율을 기초로 하는 것이다. 즉, 제품이라고 하는 양품과 폐기물로 대표되는 낭비의 가치를 정확히 계산하는 것을 목적으로 한다. 즉 폐기물인 Material Loss의 합리적이고 적절한 코스트 계산에 주목적이 있다. 그러나 MFCA도 종래의 원가계산과 마찬가지로 코스트 데이터를 사용하고, 또한 전부원가를 범위로 하는 점이 공통적이므로 이제까지의 원가계산의 기초 데이터를 MFCA용으로 재구축하는 것이 가능한 것이다. 따라서 제조원가를 Material Cost(MC), System Cost(SC), Energy Cost(EC), 배송/폐기물 처리 Cost(WMC) 등 4개의 카테고리로 크게 분류하고 필요에 따라서 세분한다[7].

2.3 MFCA 도입 사례

MFCA는 유럽에서 개발되고 확산되었지만 일본 기업들이 보다 적극적으로 도입하고 있다. 2000년 환경관리회계 프로젝트의 일환으로 시작된 후 경제 산업성의 강력한 지원 하에 빠른 속도로 확산되어 2009년 현재 200여개 기업이 MFCA를 도입하였다. 일본은 장기 계획에 입각하여 해외동향 조사, 개념적 검토, 선도 기업에의 실험 적용, 적용기업의 확대, 다양한 업종의 확산, 물류단계로의 확산 등의 단계적 절차를 밟아 지속적으로 MFCA의 도입을 추진하고 있다[5][7].

일본의 오펜 사는 MFCA 프로젝트 팀을 결성하고 '06년 5월 가장 생산량이 많은 마이크로스위치 제조라

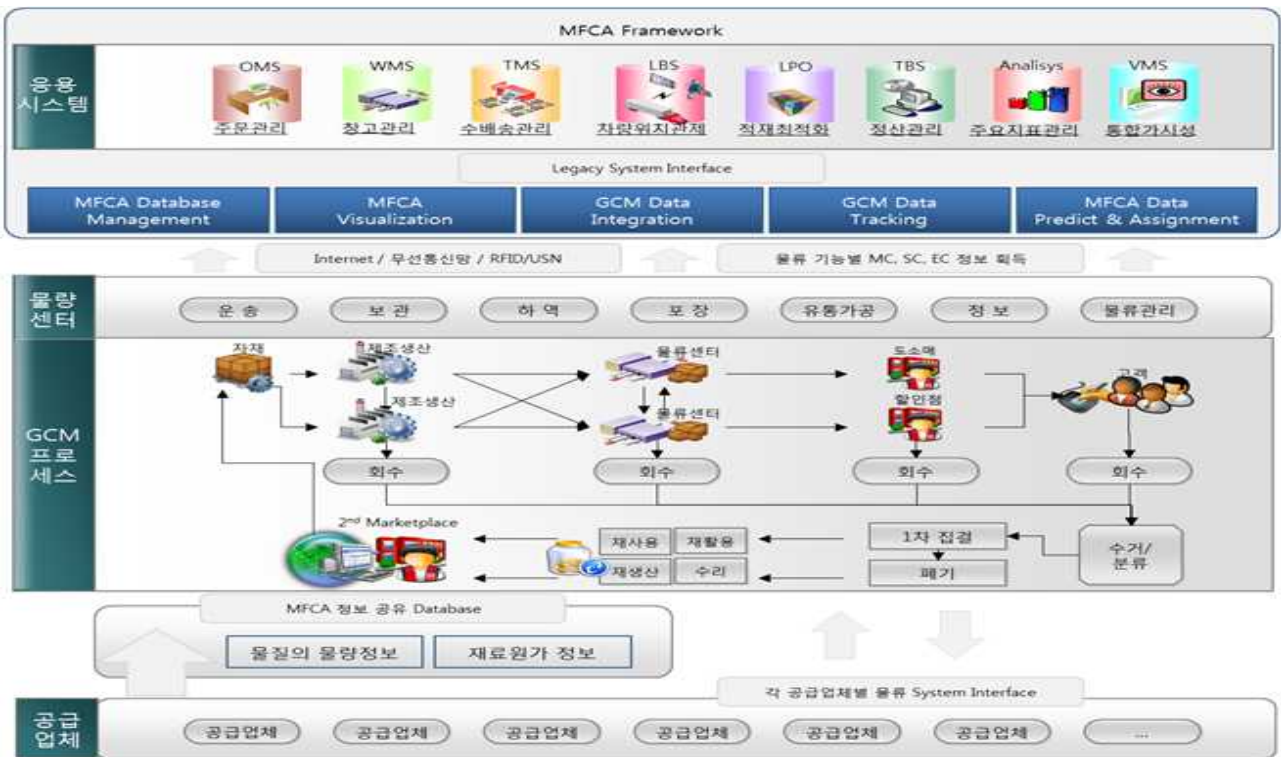
인부터 개시하였다. 제조라인으로 투입한 원재료 중에서 최종적으로 부품으로서 남아있는 중량은 약 28%, 실제 79% 이상을 버리고 있는 것을 확인하였다. 지금까지 원가계산으로는 불량품만을 로스로 파악하고 이 불량품을 줄이기 위한 개선을 계속해왔다. 그러나 불량품 발생율은 1~2%까지 줄어들었기 때문에 개선여지가 상당히 적은 것으로 판단되었다. 그렇지만 원재료의 흐름을 조사하여 불량품 이외에 폐기되는 원재료가 새로운 로스로서 발견되었다. 여기에서 큰 개선의 가능성이 있는 것으로 기술자들은 생각하였다. 그리고 현장에서 다양한 생산 개선에 따라 전년대비 11%(연간 62톤)의 폐기물 삭감을 달성할 수 있었다[5][7].

캐논사는 우추노미야 공장에 MFCA를 도입하였다. 이 공장은 렌즈의 연마, 세정, 중착, 조립공정을 통해 렌즈를 생산하는 공장이다. 각 공정에서 눈에 보이는 폐기물은 거의 발생하지 않고, 이 공정의 제품수율이 99% 이상으로 보였다. 그러나 일반적인 관리기법이 아닌 물질흐름원가회계 기법으로 계산한 결과 이 공정의 수율은 99%가 아닌 68%로 측정되었다. 즉 32%의 물질이 폐기물로서 사라진 것이다. 물질흐름원가회계에 의해 유리조각 등을 물질손실로 봄으로써 전통적인 원가계산에 의한 제품을 중심으로 한 정보에 비해 매우 많은 원가의 물질손실이 발생하였고, 가장 높은 원가의

발생장소가 1차 연삭공정이라는 것이 판명되었다. 이러한 결과로 캐논은 물질손실을 줄이기 위해 기존 원재료와 비교하여 슬러지의 비율을 80% 이상 줄인 새로운 형태의 원재료를 개발하였고, 캐논은 환경 부하를 감소시켰을 뿐만 아니라 다양한 원가 절감을 달성하게 되었다[5][7].

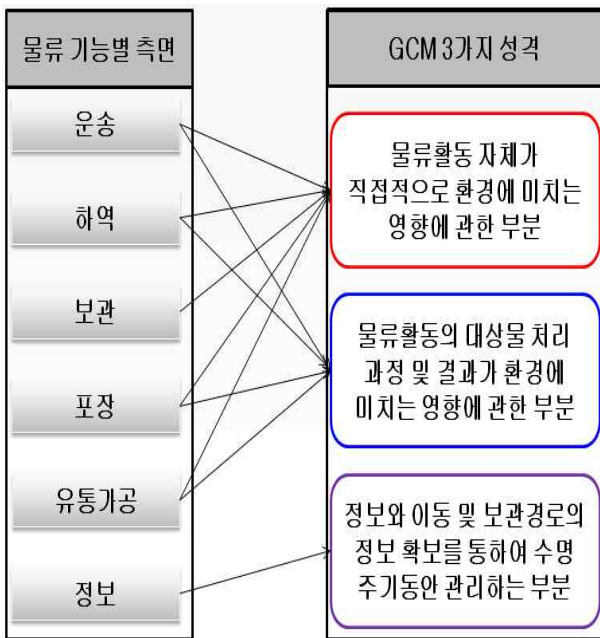
3. 물류부문의 MFCA 도입 방안

Green SCM(Green Supply Chain Management, 이후 GCM으로 표기함)은 제품 및 서비스의 생산, 유통, 판매, 폐기에 걸친 수명주기(life-cycle) 동안 사용되는 물류분야의 모든 활동이 지구의 지속가능성(sustainability)달성을 적극적으로 지원하고, 물류활동 자체의 결과가 환경에 미치는 부정적 영향력을 최소화할 수 있도록 설계되고, 구현되며, 관리 및 통제하는 활동이다. 이는 제품의 설계, 제조 및 배송에 이르는 공급망 관리에서 에너지 절감, 폐기물 회수 및 재활용 등 친환경 요소를 고려한 공급망 관리체계 구축에 초점을 맞추고 있다. 그러나 물류부문에서 MFCA를 도입하고자 하는 사례 및 연구가 현재 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 물류분야 중 환경친화적인 물류활동을 포함하는 GCM 프로세스를 대상으로 MFCA를 도입하는 방안을 연구하였다.



<Figure 2> MFCA Framework of GCM

우선 물류 분야 중 GCM 프로세스에 대한 모델을 정립하였다. 물류의 기능별 측면인 운송, 하역, 보관, 포장, 유통가공, 정보, 등 6가지 측면을 GCM의 3가지 성격과 매칭시키는 작업을 수행하였다. 첫 번째로 GCM의 3가지 성격 중 물류활동 자체가 직접적으로 환경에 미치는 영향에 관한 부분으로 운송, 하역, 보관, 포장, 유통가공 등 5가지 기능이 매칭될 수 있다. 그 다음으로 물류활동의 대상물 처리 과정 및 결과가 환경에 미치는 영향에 관한 부분으로는 운송, 하역, 포장, 유통가공 등 4가지 기능과 매칭이 가능하다. 마지막으로 정보와 이동 및 보관경로의 정보 확보를 통하여 수명주기 동안 관리하는 부분은 정보 기능과 매칭하였다.



<Figure 3> The Matching Table of logistics function and three personality types of the GCM

그 다음으로 GCM의 관리대상 포인트를 선정하는 작업을 수행하였다. 우선 Supply Chain 관점에서 모기업 및 협력업체 각각의 공정에서 공정 단위로 수집되는 데이터를 우선적으로 선정하는 것이 필요하며, 물류 영역별로, 제조, 국내, 유통, 회수로 구분하여 물류 기능별 활동들을 정리하고, MFCA를 도입하기 위한 프로세스를 분석하였다. 그 다음으로 관리대상에 MFCA 방법론을 도입하기 위한 연구를 수행하였다.

그 후 물류활동 측면에서 GCM 프로세스를 분석하여 물류분야에 MFCA를 도입하기 위한 프레임워크를 제시하였다.

첫 번째로 공급사슬망에 있어 MFCA 정보 공유화가 필요하다. 이를 바탕으로 공급업체와 자사 간의 MFCA 정보 공유 데이터베이스를 구축할 필요가 있다.

MFCA정보 공유화 대상	공유화할 수 있는 MFCA정보			
	물질의 물량정보	재료원가 정보	시스템원가 정보	에너지원가 정보
·공장내의 부문간 거래	◎	○	○	○
·자사의 공장간 거래 ·자본관계가 있는 관련기업간 거래	◎	○	△	△
·자본관계가 없는 기업간 거래	◎	△	-	-

주) ◎ ○ △는 정보공유의 난이도를 강한 순서대로 나타낸 것이다.

<Figure 4> Information communication and information of MFCA between supply chain

우선 정보공유의 상대에 관계없이 물질의 물량정보는 공유가 가능하며 재료원가도 어느 정도 공유할 가능성이 있다. 시스템 원가와 에너지 원가와 관련된 정보의 경우 기밀정보에 해당하여 공유화가 어려울 것으로 판단된다. 따라서 MFCA 정보 공유 데이터베이스 구축은 공급업체들의 물질의 물량정보와 재료원가 정보를 가지고 구축하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

그 다음으로 물량센터를 정의하고 데이터를 수집하는 활동이다. GCM 프로세스에서 물량센터를 선정하기 위해 각 물류활동별로 기능을 파악하고 분석해야 된다. 물량센터는 물류 기능별로 운송, 보관, 하역, 포장 등 4가지 부문에 대해 설정하고 MC, SC, EC를 정의하였다.



<Figure 5> Definition of MC, SC, EC for Logistics Function

마지막으로 [그림 2]와 같이 MFCA Framework를 구축하였다. 각 물량센터별로 수집된 MC, SC, EC의 데이터를 인터넷 또는 RFID/USN을 통해 MFCA Framework로 전송한다. MFCA Framework는 크게 5가지 부분으로 구성되어 있다.

첫 번째로 MFCA Database Management로 수집된 MC, SC, EC 정보를 저장하고 관리하는 기능을 수행한다. 두 번째로 MFCA Visualization은 저장된 데이터를 시각화하여 web, Tablet PC, Mobile Phone 등으로 전송하는

기능을 수행한다. 세 번째로 GCM Data Integration은 공급업체들의 데이터와 본사의 데이터를 통합적으로 관리하여 MFCA의 효율을 극대화시키는데 필수적인 기능을 수행한다. 이를 통해 본사에서만 적용하여 로스를 발견하는 것보다 통합적인 데이터를 기반으로 본사 및 공급업체들과 협력을 통한 로스를 발견하고 줄이기 위한 작업을 공동으로 수행할 수 있다. 네 번째로 GCM Data Tracking은 MC, SC, EC 데이터의 실시간 Tracking을 관리하는 기능이다. 이를 통해 로스가 발생한 부분을 명확히 찾아낼 수 있으며 공정에서 발생한 데이터의 신뢰성을 확보할 수 있다. 마지막으로 MFCA Data Predict & Assignment는 MFCA의 MC, SC, EC 데이터에 대한 예측하고 적절한 부분에 할당할 수 있는 기능을 담당한다.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 물류분야에 MFCA를 도입하기 위해 공급업체와 본사간의 MFCA 정보를 공유할 수 있는 데이터베이스를 구축하여 원활한 정보흐름이 이루어지도록 하였다. 또한 GCM 프로세스를 분석하여 물류 부문에 MFCA를 적용할 수 있도록 물량센터를 물류 기능별 프로세스에 맞춰 선정하도록 하였다. 마지막으로 MFCA Framework를 5가지로 설정(MFCA Database Management, MFCA Visualization, GCM Data Integration, GCM Data Tracking, MFCA Data Predict & Assignment)하여 각 기능별로 설명하였다.

이를 통해 그동안 환경친화적 물류활동을 구현하는 기업들이 MFCA를 도입하고자 할 경우 GCM 프로세스 중 MFCA를 적용하는 범위 및 적용대상을 선정하는데 도움을 줄 수 있고, MFCA를 도입하고자 할 경우 MFCA Framework를 통해 각 기능들을 구현한다면 전체 비용의 20% 이상을 차지하는 물류비의 명확한 구조 및 로스 발생 부분을 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

추후 MFCA Framework를 실제 기업에 적용한 사례 및 MFCA를 도입하여 물류부문에서 로스를 줄이는 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

5. 참고 문헌

- [1] Jong-Dae Kim, Mun-Kee Cho, Hyoung-Tae An, Yeon-Bok Kim, "Expansion of Material Flow Cost Accounting Tool to the Supply Chain", Korean Accounting Association vol. 21, No. 2, 2012. 05.
- [2] Tae-Ho Kim, Jin-Chul Kim, Gil-Hwan Lee, "Utilization of simulation for material flow cost management of Green SCM", Proceedings of the Safety Management and Science Conference, 2011. 03.
- [3] Young-Chul Ahn, Hy-Yeon Won, "Research on the effect of MFCA software for reducing greenhouse gas", The e-Business Studies vol. 11, No 3, 2010. 09.
- [4] Doo-Yong Lee, Jing-lun Zhang, Chang-Ho Lee, "A Study on Optimization of Green Chain Management through MFCA", Proceedings of the Safety Management and Science Conference, 2012. 03.
- [5] Won-Sub Lee, "A Study on the Application of Material Flow Cost Accounting to Calculate Loss Cost - Case of M Corporation", Master of Business Administration, Inha University, 2012. 02.
- [6] Jee-In Jang, "A Study on the Extended Use of Material Flow Cost Accounting for Eco-efficiency", Korea International Accounting Association vol. 19, 2007. 09.
- [7] <http://www.greenbiz.go.kr/Ind01020000.action>

저 자 소 개

이 두 용



인하대학교 산업공학과 학사 취득.
인하대학교 산업공학과 석사 취
득. 현재 동 대학원 산업공학과
박사과정 중.
관심분야 : RFID 기반 물류 관
리 시스템, SCM, LBS 등

주소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

장 정 환



한라대학교 산업경영공학과 학사 취득.
인하대학교 산업공학과 석사 취
득. 현재 동 대학원 산업공학과
박사과정 중.
관심분야 : RFID 관련 물류 관
리 시스템 개발, LBS 등

주소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

장 청 윤



남서울대학교 산업경영공학과 학
사 취득. 인하대학교 산업공학과
석사 취득. 현재 동 대학원 산업
공학과 박사과정 중.
관심분야 : SCM, ERP, RFID 관
련 물류관리 시스템 개발 등

주소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

조 용 철



인하대학교 산업공학과 공학사,
공학석사 취득. 동 대학원에서
공학박사 취득. 현재 한국항만연
수원 인천연수원 교수로 재직 중.
관심분야 : ERP, SCM, 항만물류,
RFID, EPCglobal Network

주소 : 인천광역시 중구 항동 7가 1-31 한국항만연수원
인천연수원

이 창 호



인하대학교 산업공학과 학사 취
득. 한국과학기술원 산업공학과
석사, 경영과학과 공학박사 취득.
현재 인하대학교 교수로 재직 중.
관심분야 : 물류, RFID, SCM 등

주소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과