

지속 가능한 물류에 대한 고찰 What is Sustainable Logistics?



윤태호

왜 지속가능한 물류에 관심을 갖나?

기상재해 및 생태계 파괴 등으로 인류의 생존이 위협(Global Wielding)받고, 에너지 다소비 체계 지속 시 기후변화로 인한 경제손실 전망이 매년 세계 GDP의 5-20% (2006 Stern 보고서)로 추정되는 자원·에너지·환경의 위기 시대에 지속가능 / 친환경 / 녹색성장 / 온실가스의 관리 및 에너지 절감은 하나의 트렌드로 유행어처럼 사용되고 있는 실정이다.

이에 따라 범지구적 차원으로 기후변화 대응방안을 마련하는 분위기이며 대한민국은 선발개도국으로써 자발적 감축목표 설정하여 2020년 배출전망치(BAU, Business As Usual) 대비 30% 감축 목표를 설정하였는데, 건물 및 산업분야에서의 감축도 중요하지만, 수송(교통/물류)부문에서의 온실가스 절감 및 관리의 필요성을 가장 강조하고 있는 것이 현실이다.

지속가능성이란?

지속가능성은 역사적으로 보면 1960년 인류의 환경 파괴로부터 지구를 지키자는 여러 움직임부터라고 봐야하겠지만 실질적으로는 1972년 스톡홀름에서 열린 국제연합인간환경회의(UN Conference on the Human Environment)에서 환경문제가 범지구적 문제임을 확인하고, 개발이 동반하는 사회변화에 대한 논의와 함께 경제·환경·사회를 아우르는 지속가능 개발의 개념을 처음으로 논의하여 국제연합환경계획(UNEP: United Nations Environment Programme) 수립한 것을 실질적인 지속가능성의 시작이라 할 수 있다. 또한 1987년 환경과 개발에 관한 세계 위원회는 <우리 공동의 미래> 보고서를 통해 지속가능 개발은 “미래세대가 누릴 수 있는 환경을 훼손하지 않는 한도 내에서 현재세대의 필요를 충족하는 개발”(WECD, 1987)을 일컫는다고 정의. ‘지속가능’이라는 말의

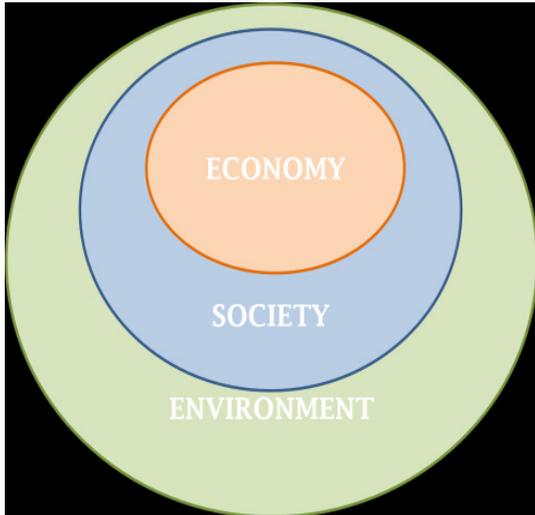


그림 3. '지속가능개발'의 3요소인 사회·환경·경제 관계도
Source: TIETENBERG 2008, ENVIRONMENTAL AND NATURAL RESOURCE ECONOMICS, PEARSON, ADDISON WESLEY, HARLOW.

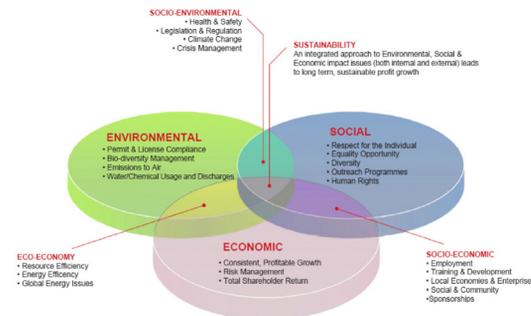


그림 4. '지속가능개발'의 설명도
Source: <http://www.morethangreen.es/KO/more-than-green-concept/#sthash.BbXpWEFs.dpbs>

고 있다는 세 기둥 개념으로 지속가능성을 설명하고 있으며, 세 기둥 각각이 독립적으로 또 집합적으로 중요하다고 인지하고 있다. 이에 반해 티텐버그의 생태경제학의 관점에서는 사회·환경·경제의 세 기둥 개념에서와 같이 동등한 것이 아닌 부분집합으로 표현하였는데, 경제(사회·환경의 순서로 포함 관계가 설정되어 경제는 사회의 충분조건이고 사회는 환경의 충분조건 그리고 환경은 사회와 경제의 필요조건으로 설명하고 있다.

영국산림위원회는 '모든 사람들의 요구를 고려하는 사회적 발전', '효과적인 환경보호', '천연자원의 신중한 소비', 그리고 '안정되고 높은 수준의 경

제발전과 고용 유지'의 4가지 목적을 추가하여 그 정의를 보다 구체화 하였다. 경제와 환경이 동시에 추구되면서 '지속가능경제' 활동이 정의되며 경제와 사회 부분이 동시에 추구되면 '사회형평성'이 정의되고, 환경과 사회가 중복되면 '지역경제'가 정의되어 결과적으로 사회, 환경, 경제가 중첩되면 '지속가능개발'이 정의되게 되는데 이를 정리한 것이 그림 4이다.

지속가능한 물류란?

지속가능한 물류는 (친)환경물류, 녹색(성장)물류 혹은 에너지(온실가스) 절감 물류로도 사회의 요청에 따라서 불리워지기도 한다. 억제, 전환, 개선의 3가지 주요 전략에 따라서 탄소세, 혼잡통행료와 같이 통행량의 발생을 감소시키거나 트럭에 의한 운송보다는 철도와 같은 저에너지 고효율의 친환경 교통수단으로 전환하거나 연비개선, 친환경 자동차, 경량화, 에코드라이빙과 같이 기술발전으로 에너지 효율성을 높이는 방법을 택할 수도 있다.

국토해양부에서 2011년 6월에 발표한 제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획(2011-2020)에 따르면, '교통수요 관리강화 및 교통운영 효율화', '생활밀착형 자전거·보행 활성화', '대중교통 인프라 확충 및 서비스 개선', '저탄소 녹색물류 체계구축', '친환경 교통물류 기술 개발'의 5대 전략에 의해서 세부전략 및 세부추진과제 안을 정하였는데 그 중 지속가능한 물류에 한정하여 추진과제를 검토해 보면 '내륙 물류거점 확대', 'RFID기반 물류거점정보시스템 구축', '제3자 물류 활성화', '에너지 목표관리제·녹색물류기업 인증제 시행', 'Green Port 도입', '연안해운 온실가스·에너지 목표관리제 시행', '국가물류통합정보센터 구축', '아라뱃길 활성화', '경유 화물자동차 LNG 전환', '전환교통(Modal Shift) 촉진', '철도 화물 활성화 지원', '연안해운 수송증대 지원방안 마련', '철도 복합일관 수송 확대', '컨테이너 2단적재 열차

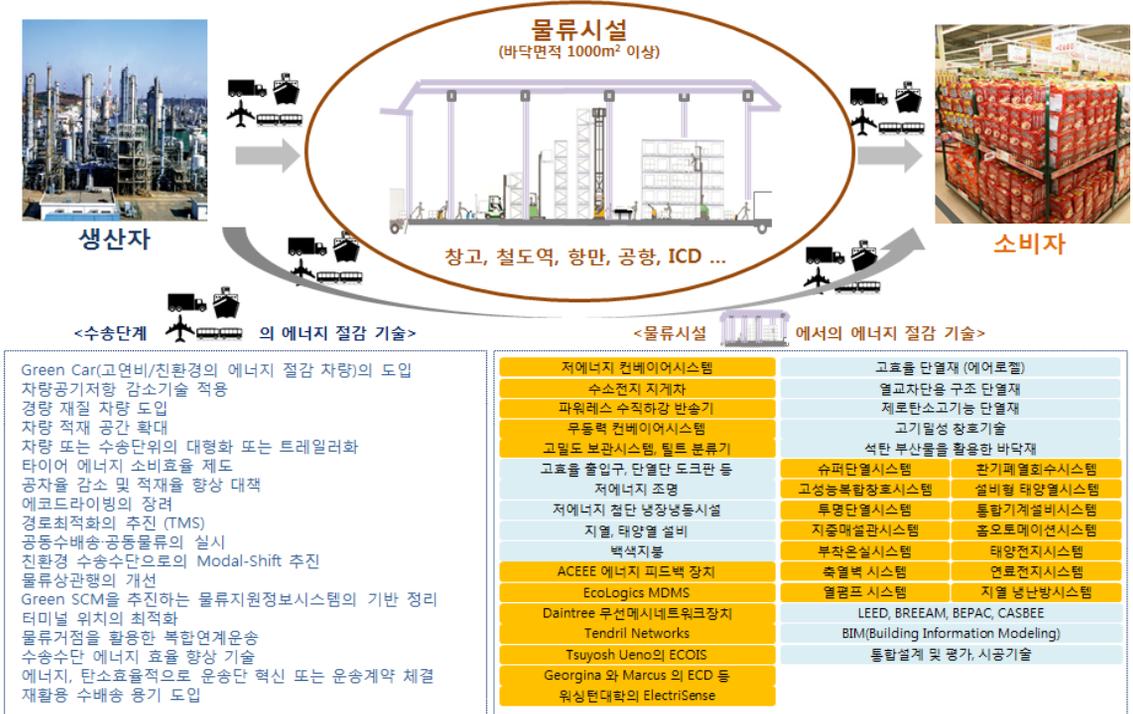


그림 5. 물류 에너지 절감 기술 적용 범위

Source : 물류시설 에너지 절감 기술 개발 기획 발표자료, 철도기술연구원, 덕평물류, 에코시안

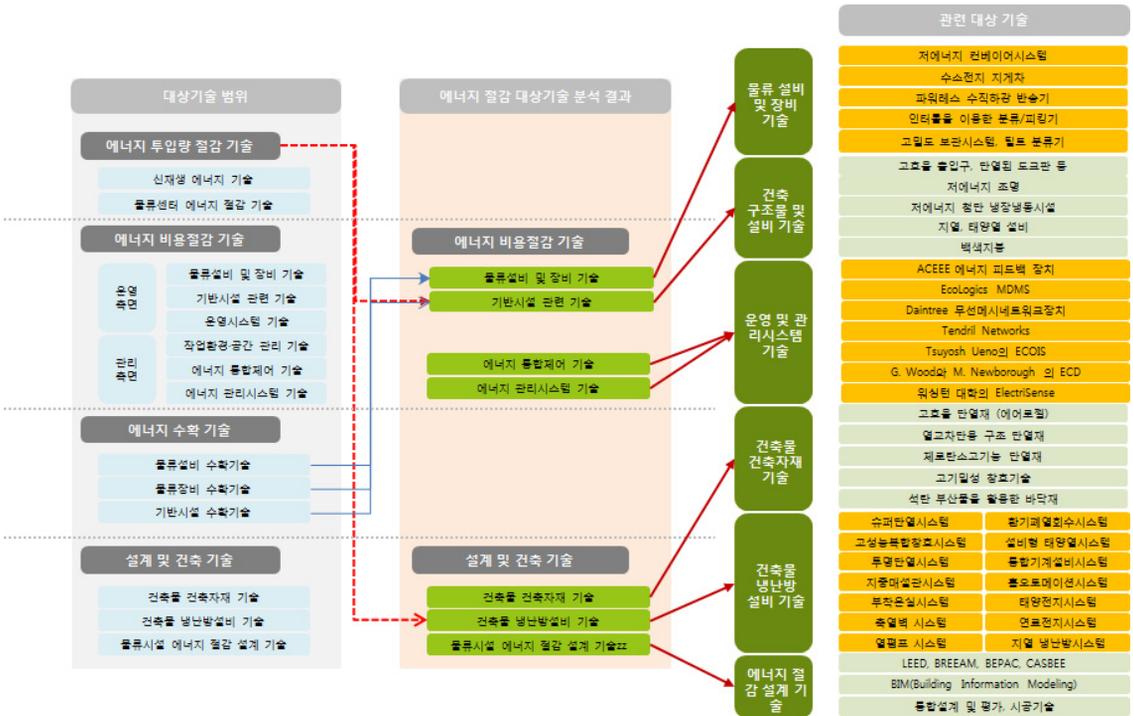


그림 6. 물류 시설 에너지 절감 대상 기술

Source : 물류시설 에너지 절감 기술 개발 기획 발표자료, 철도기술연구원, 덕평물류, 에코시안

(DST) 도입, '경부선 철도역 유효장 확장', '환경 친화적 철도차량 보급 확대', '연안선박 건조 금융 지원제도 마련', '항만시설 사용료 감면', 'IT 기반 해양교통 정보제공시스템 구축', '그린카 개발 및 보급', '첨단 물류고속철도(CTX) 개발', '에너지 절감형 물류시설·장비 및 운영기술 개발', '녹색선박 (Green Ship) 기술 개발', '항만물류 시설·장비 고도화', '항만 하역시스템 동력 전환 추진'과 같다.

지속가능 혹은 에너지 절감의 범위를 수송단계로 제한할 수도 있고 시설단계로 확장하여 볼 수도 있다. 이는 그림 5, 6에 잘 설명되어 있다.

물류 에너지 절감 기술

친환경 자동차¹⁾의 활용을 통해 메인엔진 및 동력전달장치의 효율개선을 통한 에너지 절감이 가능하고, 기존 내연기관 대비 연비가 개선되고, 배출가스와 CO₂의 배출량이 적은 차를 말하며 클린 디젤차, 하이브리드차, 전기차, 수소연료전지차 등이 있다. 미래 자동차 시장은 내연기관(ICE: Internal Combustion Engine) 자동차에서 엔진과 전기모터를 겸용하는 하이브리차를 거쳐 전기차로 대체될 전망이다. Hybrid 입환 기관차, LRV(Light Rail Vehicle), 수소-연료전지기관차, 친환경 차세대 항공기(787 Dreamliner) 등 환경 친화적인 수단이 개발 중이다.

에코드라이빙²⁾³⁾은 경제성, 환경성, 안전성을 배려한 적절한 운전방법의 협의의 의미와 차량사용, 차량성능개선, 자전거·도보로의 교통수단 전환 등을 포함한 환경 부하 경감을 배려한 교통수단의 사용의 광의의 의미로 정의할 수 있으며 에코 운전 주행만으로 약 15% 연료 절감이 가능하며, 10%의 CO₂ 배출 저감이 가능하다고 알려져 있다.

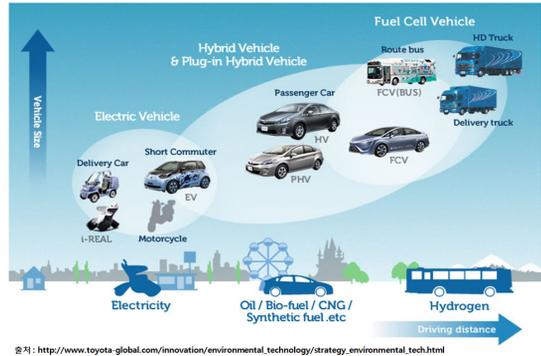


그림 7. 친환경 자동차 예시

차량의 소재 경량화⁴⁾⁵⁾⁶⁾는 엔진효율을 높여 차량의 성능향상을 극대화시키고 연비향상을 도모할 수 있으므로 연료 및 에너지 절감에 가장 효과적인 방법이라고 할 수 있으며, 차량 무게가 1% 가벼워질 때마다 연비는 1%씩 향상되는 것으로 알려져 있다. 자동차의 경량화 방안은 경량재료의 개발과 기존 재료의 제조방법 개선을 통해 기계적 성질을 향상시키는 방법 등이 있다. 유럽 브랜드들은 경량화 센터 및 섬유복합재료 강화를 위해 섬유강화플라스틱 기술센터(FRP Technical Center)를 설립하기도 하였으며, 최근 국내에서는 탄소섬유 소재를 차체 소재로 사용한 차량이 출시되었다. 탄소섬유는 무게가 철의 4분의 1에 불과하지만 강도는 철보다 10배나 강한 강도를 가지고 있어 자동차 경량화를 위해 크게 각광받고 있는 소재이다.

차량 공기 저항 감소 기술 적용도 활발한데 공기저항은 차량의 고속 주행 시 발생하는 주행저항의 주된 요인으로 이를 저감하기 위한 많은 기술이 개발 및 적용되고 있으며 공기저항을 10% 감소시키면 연료 소비를 2.5% 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다. 차량의 외관 디자인과 직결되는 최적형상 설계를 기본으로 하고, 하부 유동을 원활히 하는 Under Cover 장착 등의 방법이 사용되고

1) 강연수 (2011), Smart Grid 기반 미래청정 녹색교통체계 구상, 대한토목학회지, 59(12), 73-78.
 2) 이지선 외 1 (2011), 스마트폰을 활용한 에코드라이빙 활성화 방안 기초연구, 한국교통연구원.
 3) 강경표 외 3 (2011), 운전자 운행패턴과 교통류 분석을 통한 에코드라이빙 활성화 방안 연구, 한국교통연구원.
 4) 한국과학기술정보연구원 (2009), 자동차 경량화 기술.
 5) 국제섬유신문 (2014), 탄소섬유 적용 자동차 국내 첫선.
 6) Automotive Technology (2008), 자동차 경량화 기술.

있으며 더 나아가 공력을 능동적으로 제어하고자 하는 기술이 개발되고 있는데, 이의 대표적인 것이 능동형 라디에이터 플랩(고속 주행 시 차량 전면 공기흡입구를 막아 공기저항을 줄이는 기능)이 있으며, 차량 후면의 공기 흐름을 제어하기 위한 능동 후류 제어 기술도 활발히 개발되고 있는 실정이다. 삼성테스코에서는 수송차량에 리블릿 코팅을 적용한 결과 연비가 8톤 차량은 17.5%, 45피트 트럭은 7.5%, 승용차는 15.2%가 각각 개선되었으며 11톤 차량에 리블릿코팅을 한 이후 공기저항이 14.89% 감소하는 결과를 얻었는데, 리블릿이란 표면상의 아주 작은 돌기를 말하며, 리블릿 코팅은 리블릿 돌기 사이로 차량 주행시 1차 유입되는 공기가 들어가 돌기 상부를 덮으면서 유체베어링 역할을 하는 공기층을 형성하게 되고, 외부 공기는 차량에 직접 닿지 않아 마찰항력이 감소되는 코팅 방식이다.

경로최적화에 따른 네트워크 효율화 기술(TMS)은 화물 이동의 경로를 분석하여 최적 경로로 이동하게 함으로써, 총 수송거리를 줄여 에너지를 절감하는 기술로 화주 및 물류시설의 입지 분석과 실시간 차량 배차, 운송네트워크를 반영한 수송 수요 및 최적경로 추정, 그리고 대안평가 등과 관련한 연구 및 기술 개발이 가능하다.

친환경 수송 수단 전환 지원은 '지속가능한 교통물류 발전법' 제정에 따른 지원으로 지속 가능한 교통물류 체계로의 전환(Modal Shift)을 촉진하는 것으로 친환경 수단에 대한 가격 감면 및 할인, 친환경 수단 이용자에 대한 자금 보조 및 용자 등 우대 조치 및 전환 교통에 대한 보조금 지원 등이 있다. 화물 수송에 있어서 모달시프트 전략을 적용할 경우 기업에서는 일괄적인 대량 수송의 실현으로 에너지 절감, CO₂, NO_x등의 배출 억제, 노동력(트럭 운전기사) 부족 해소, 트럭 대수 삭감에 의한 교통 정체 완화, 트럭의 야간 운전 감소에 따른 사고 방지, 일괄적 대량 수송을 통한 물류 비용 절감 등의 장점을 확보할 수 있다.

운행 효율을 향상시키는 기술은 연비 효율의 증가, 차량 부품과 차량 본체의 수명 연장을 촉진한

다. 또한, 차량 사고율, 화물 파손율도 감소시킨다. 또한, 공기압의 적정화, 관리와 여분의 적재물 배제, 수송용 기구의 경량화 등을 통해 연비 향상 효과를 가져올 수 있다. 운행 효율을 향상시키기 위해서는 화물을 내릴 때와 같이 정차하는 순간부터 아이들링 스톱을 실시하며, 주행 시에도 아이들링 스톱을 하기로 한다. 최근에는, 아이들링 스톱 관련 기기를 본체 후미에 부착하여 효과적인 아이들링 스톱을 실시한다. 또한 정속 안전 주행이 연비를 높이며, 이산화탄소 배출량을 억제시키므로 지향하며, 급발진과 급정차는 무리한 에너지 낭비를 초래하므로 배제하도록 한다.

수·배송 공동화 시스템을 통해 복수의 운송사업자 또는 화주가 공동으로 협력하여 차량의 배차대수의 중복을 피함으로써, 운송비의 절감, 차량 적재율의 향상이 가능한 화물 수송 체계로 소량·다빈도 배송 요구 증대에 따라, 각사가 각각 모든 소비 지역으로 차량을 배치할 필요없이 수·배송 공동화 시스템을 통해 차량을 공동으로 이용하여 소비지역에 효율적인 차량의 배차가 가능해지므로 한정된 물류 자원을 최대한 활용할 뿐 아니라 비용을 절감하며, 교통 체증 등의 환경 문제까지 최소화 가능하다. 이와 함께 공동물류서비스를 통해 물류창고, 운송수단 정보시스템 등의 거점물류체계를 구축하여 동일한 업종의 유통업자 혹은 다른 업종 간 기업들이 공동으로 운송 사업을 함으로써 운송비용 절감과 고객 서비스 및 운송수단 적재율 향상을 통한 연료소비효율을 향상시킬 수 있다.

화물차의 LNG 전환 갠트리 크레인 전기 동력(e-FGTC) 전환과 같은 저공해 물류 장비 보급도 하나의 물류 에너지 절감으로 이어지며 LNG 전환 시 경유차에 비해 CO₂ 배출량 10% 이상 감축 효과가 있으며, 경유 사용 갠트리 크레인보다 전기동력의 경우 연료비 80% 절감 및 환경성 제고 효과가 있다.

환경 친화적인 자원순환형 물류⁷⁾도 녹색물류의 중요한 부분이다. 원료 조달에서부터 최종 소비자에 이르기까지의 모든 과정과 사용 후 폐기 또는 재활용되기까지의 모든 과정에 걸쳐서 환경 유해

요소를 최소화하며, 순환자원 및 폐기물로부터 가치를 재취득하고 처리를 하는 활동으로 제품 및 포장재에서의 자원의 절약, 친환경적인 재료 사용(재사용 및 재활용), 폐기물 발생 억제 뿐만 아니라 반품물류, 회수물류, 폐기물류와 같은 역물류 활동 그리고 물류 정보를 활용한 물류활동의 환경성 제고 등이 될 수 있겠다. 추진 방법으로는 수리 용이 제품 제조, 환경 무공해 포장재, 배출량의 최소화, 포장공간 비율 최소화, 포장재 재질의 감량화, 과잉 포장 억제 등의 감량화(Reduce), 이용 용기의 재사용, 리필 포장재 사용, 재사용 수송 포장재 사용 등의 재사용(Reuse), 재활용 용이 제품 제조, 포장용기 분리 수거 표시, 단일 재질 사용, 회수 포장 이용, 분류 회수 실시 등의 재활용(Recycle)이 있겠다.

녹색 물류 인증 제도는 온실 가스 감축 노력을 성실히 이행하는 기업에게 인센티브 부여하는 목적으로 국토교통부에서 지정하는 관련 전문 기관을 인증기관으로 물류 기업 및 화주 기업을 대상으로 인증하며 지침서에서 제시하는 목표 수준 달성 기업에게 세제 혜택 및 보조금 지급, 화주 기업의 경우 협력 물류 기업 선정 시 녹색 물류 인증 여부 고려 및 인증 기업의 경우 환경 마케팅에 활용 및 기업 이미지 제고를 운영 방안으로 한다.

녹색 물류 파트너십은 관민(官民)이 함께 참여하는 협의체를 구성하고, 녹색 물류 활성화 방안을 논의하며 온실 가스 배출량 삭감 사례 등의 보급, 촉진하기위해서 물류 기업, 화주 기업, 전문가, 관련 기관 및 정부가 화주 기업과 물류 기업 간, 소비자와 기업 간의 의사 소통을 확대하여 소비자 참여형 제도로 발전시키는 것이다.

물류 시설 분야에 있어서는 물류센터 에너지 관리 시스템 개발의 경우 물류활동기반의 에너지 대응 평가 관리 기술 개발, 물류시설의 에너지 사용량 산정 방법론 개발, 물류센터 유형별 에너지등급 기준 개발 및 세부 평가기준 개발, 연중 변화하는 기상조건과 물류시설의 물류적인 특성, 이용 현황

의 통합적 모델링 기술, 에너지 소비절감 기술 도입 시 예상할 수 있는 물류시설의 에너지 성능, 소비량, 비용 효과의 객관적, 정량적 기술, 설비 및 에너지 운영정보 모니터링 기술, 설비 운영 정보 분석 기술, 에너지 정보 분석 기술 등을 통하여 물류센터 내 에너지를 절감할 수 있으며 기대효과는 10%정도로 알려져 있다.

또한 물류센터의 입출고 도크는 기밀성이 떨어져 온도관리 미흡하고 차량별(소형, 대형, 트레일러) 완충 및 안전 장치 미흡하여 에너지 손실이 많이 발생하므로 물류시설 유형별 도크 설비(도크 쉘, 도크셸터) 설계 기술, 도크 설비의 기밀성, 완충성 및 안전 장치 기술, 물류시설 작업환경을 고려한 외부공기 차단막 설계/시공 기술, 외부공기 차단막의 제작 기술(재질, 두께 등)을 개발하여 부분적이지만 에너지를 크게 절감할 수 있다.

물류시설에서는 쾌적한 환경이 근무자 뿐 아니라 금속, 골판지 상자가 포함된 제품에도 영향을 미치게 되는데 대부분 물류시설이 콘크리트 바닥으로 마감되어 습도에 약한 환경적 단점이 있는데 이러한 습도나 여름, 겨울철 냉난방 시스템의 효율성을 높일 수 있는 팬은 냉난방 비용 감소에 크게 영향을 미치며 바닥과 천장 사이의 공기 온도를 균등하게 할 수 있는 효과적인 방법으로 미국 등지에서 많이 이용되고 있는 물류센터의 온·습도관리 팬 시스템 기술이 필요하며 이는 팬 설계 및 제작 기술, 기존 물류시설 천정에 시공기술이 핵심 기술로 겨울철 난방비용 평균 30% 감소, 팬 이용 인식 냉각 효과 10F의 기대효과가 예상된다.

결론

물류가 우리나라에 정착한지 벌써 한세대인 30년에 다다르고 있으며 전통적인 물류라 할 수 있는 운송, 보관, 하역, 포장, 정보 등의 각 분야에서 커다란 발전이 있는 반면에 에너지/환경의 위기 시대에 지속가능한 물류에 대해서는 중요성은 인지

7) 지구의 환경은 살리고 기업의 비용은 절감하는 녹색물류, 박석하 등, 2011

하고 있지만 연구가 시작단계이기 때문에 자료 등이 거의 없는 실정에 본 논문이 하나의 도움이 되었으면 합니다.

참고문헌

- 강경표 외 3 (2010), 운전자 운행패턴과 교통류 분석을 통한 에코드라이빙 활성화 방안 연구, 한국교통연구원.
- 강연수 (2011), Smart Grid 기반 미래청정 녹색교통체계 구상, 대한토목학회지, 59(12).
- 국제섬유신문 (2014), 탄소섬유 적용 자동차 국내 첫선.
- 박석하 외 4 (2011), 지구의 환경은 살리고 기업의 비용은 절감하는 녹색물류.
- 이지선 외 1 (2011), 스마트폰을 활용한 에코드라이빙 활성화 방안 기초연구, 한국교통연구원.
- 한국철도기술연구원, 덕평물류, 에코시안 (2011) 물류시설 에너지 절감 기술 개발 기획 발표 자료.
- 한국과학기술정보연구원 (2009), 자동차 경량화 기술.
- Automotive Technology (2008), 자동차 경량화 기술.
- TIETENBERG (2008) ENVIRONMENTAL AND NATURAL RESOURCE ECONOMICS, PEARSON, ADDISON WESLEY, HARLOW.
- <http://www.morethangreen.es/KO/more-than-green-concept/#sthash.BbXpWEFs.dpbs>.