

交通輸送手段의 安全性과 基準

劉 憲 —*
yoo, Heon Il

한 나라의 경제구조에서 수송이 중요한 요소가 되는 것은 말할 필요조차 없다. 또한 나라 전체의 수송전략을 세운다는 것은 아주 어려운 문제이다. 각 수송방식에는 각 방식에 맞는 특유의 정책, 규제책, 장려책이 있기 때문에 모든 수송방식의 집합체인 수송시스템을 구성하는 것은 어려운 것이다. 특히 각 수송방식에 대한 정책이 전체 수송시스템에 미치는 영향을 수량화하는 것은 쉽지 않다. 그러나 전체 시스템은 하나 하나의 수송수단의 총계보다 크다. 따라서 국가의 수송전략은 각 수송방식에 대한 문제를 취급하면서 수송방식 상호간의 여러가지 문제들을 취급해야 하고 그 결과로 전체 시스템을 마무리 지어야 한다.

각각의 수송방식은 그들 특유의 수요에 따라 서비스를 제공한다. 항공기와 트럭은 단시간에 수송해야 하는 단가가 높은 것을 수송한다. 화물열차나 화물선은 비용이 싸면서 대량의 화물을 중심으로 운반한다. 자동차, 버스 및 철도는 대도시의 여객수송에 이용되고 여러가지 편리한 점을 갖고 있다. 항공기는 속도가 요구되는 장거리 여객서비스에 사용된다. 수송 서비스는 위와 같이 세분화되어 각 수송방식에 관련 되는 문제는 달라지고 그 대책 또한 사정에 따라 달라진다.

수송시스템이나 수송시스템을 지탱하는 기술은 국내의 사회상향과 제도에 따라 많은 영향을 받는다. 또 주민의 주거형태와 수송수단 사이에는 상호작용이 있다. 예를들어 교외에 사는 주민을 위해 만들어진 고속도로는 새로운

주택과 상업을 끌어들인다. 각종 규제가 수송에 큰 영향을 미치나 무엇보다 경제가 최대 요소가 될것이다. 수송시스템은 일단 설치되면 연료부족이나 공해문제가 발생되더라도 쉽게 변할수도 없고 변하더라도 막대한 비용이 필요하다. 새로운 수송기기의 개발에는 약 10년이 걸린다. 어떤 수송기기의 설계를 대폭 바꾸려면 고속도로, 연료수송, 저장시스템, 항구, 선로 등 수송을 지탱하는 시설을 많이 변경하거나 일부 버리지 않으면 안된다. 따라서 새로운 기술의 도입은 기존의 시스템을 구성하는 요소들의 사용수명을 고려해서 서서히 이루어진다.

많은 제약과 불확실성에도 불구하고 신기술은 개발되고 도입되어 왔다. 자동차, 트럭, 철도, 항공기, 선박의 운행에서 보다 높은 수송효율, 보다 높은 안전성, 보다 아름다운 환경을 지키기 위한 환경기준이 달성되고 있다. 진보한 컨테이너기술은 화물수송의 통합화에 크게 기여하고 있다. 화물수송의 관리나 기계조작의 개선은 앞으로 큰 진보가 이루어질 것이다. 따라서 수송문제에 대한 연구를 계속하면 훨씬 많은 개선이 이루어질 수 있다.

수송기술은 다른 분야의 연구성과를 받아서 더욱 더 발전해 나갈 수 있다. 컴퓨터이용, 복합재료의 개발, 연소기술, 열전도기술들은 다른 분야에서 개발된 지식과 기술이 수송분야에 이용된 좋은 예가 된다. 인공위성은 일반의 통신방식을 보강하는 중요한 통신기능을 제공하고 항만에서는 시설관리에, 해상에서는 선박의 안전운항에 큰 역할을 수행하고 있다. 이와 같

*車輛技術士. 國民大學校工大教授.

이 기술교류는 앞으로 더 고도한 수송시스템이 등장함에 따라 일층 넓어질 것으로 본다.

수송능력

전체의 수송능력이 예측되는 수요를 충족하는지 충족하지 않는지를 판단하는데 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

1. 기존의 시설이 앞으로 어느 정도로 이용 가능한가?
2. 기존의 시설능력을 기술이 어느 정도까지 확대할 수 있는가?
3. 수요중에서 경합된 것들이 각각 어느 정도까지 충족시키는가?
4. 시설의 확대나 적절한 유지를 받쳐주는 경제능력이 있는가?

이런 질문에 대한 대답은 수송방식에 따라 다르고 같은 시설을 화물과 여객에 병용해서 사용하는 경우 같은 수송방식내에서 심각한 대립이 생긴다.

고속도로

우리나라의 고속도로는 통행료로 유지하고 있으나 수리경비가 증가함에 따라 수리에 충당하는 수입은 점차로 감소되어 그 유지에 어려움이 뒤따르고 있다. 통행료를 올리는 것은 어느 한계가 있기 때문에 다른 세원을 찾아야 할 것이다.

현재 많은 도시의 도로는 거의 포화상태이고 도로의 사용능력을 증가시키는 수단은 교통관제의 개선 밖에 없다. 지금의 관제기술은 차의 집중이 심하지 않는 경우에는 그런대로 괜찮으나 차의 집중도가 심하면 어려움을 겪는다. 앞으로는 좋은 센서를 자동차에 탑재하여 관제시스템과 개개의 차가 수시로 정보교환을 이루도록 해야한다. 지역관제뿐만 아니라 보다 더 집중화된 중앙관제로 차를 주행시키고 교통의 흐름이 원활하게 이루어지는 정보시스템의 연구는 계속 진행되어야 한다.

항공

가까운 장래에 항공수송에서 생각할 수 있는 심각한 문제는 항공시스템의 혼잡이다. 혼잡은 새로운 공항의 건설과 항공기의 대형화로 어느 정도 해결이 가능하다. 그러나 신공항건설이 쉽지 않고 항공기의 대형화도 개발비용, 여객시설의 여객처리능력, 초대형항공기의 빈번한 운행에서 오는 어려움 등의 제약을 받게 된다.

상업에 이용되거나 개인용으로 사용되는 소형기는 공항의 혼잡을 다소 해결해 주는 요소를 갖추고 있으나 종래의 항공기가 사용하였던 항공로나 공항을 사용하려면 통신, 관제, 조종 등의 장치나 계기류를 장비해야 한다. 소형기는 대부분 경장비인 경우가 많아서 여객수송의 확대를 꾀하려면 이런 것들이 안전면에서 큰 문제가 된다.

헬리콥터는 독특한 비행특성과 비용효과가 발휘되는 분야로 여러가지 새로운 수송업무에 사용된다. 헬리콥터의 이용범위가 넓어지면서 성능, 안전성, 소음, 안락감 등의 개선이 필요하게 되고 동시에 많은 개선이 이루어져야 한다. 아직도 회전익의 기술은 고정익의 기술에 비한다면 많이 떨어져 있다. 그러나 최근의 연구에 의하면 여객과 화물의 수송분야에서 수백 킬로미터의 거리내에서 운반하는 것이라면 고정익비행기에 뒤떨어지지 않는 고속 헬리콥터의 개발이 가능하다고 한다. 따라서 공항의 혼잡을 피하는데 큰 도움이 될것으로 전망된다.

장래의 항공기기술중에서 주목을 끌 수 있는 것으로 초음속기와 수직이착륙-단거리이착륙기 즉 V/STOL을 들 수 있다. 초음속기는 경제성이 좋고 연구에 따라 소음이나 대기오염과 같은 환경기준을 만족시킬 수 있으나 실제 개발에는 더욱 많은 노력이 필요하다. V/STOL도 현재로서는 상업적으로 이용하기에 비용이 과다하게 소요되므로 생각하기가 어려우나 공항의 혼잡을 피하기 위한 수단으로 유력하다.

항공관제시스템의 새로운 기술의 개발로 비행 및 공항에서의 이착륙이 자동화되어 시스템의 능력이 오르고 지연이 감소되면서 그 결과 연료소비가 억제되고 또 공중충돌을 막는 아주

높은 안전성을 갖게 되었다. 최종적으로 전자 기술의 진보로 조종석의 장치는 지상의 장치와 연결되어 다른 비행기와의 거리에 대한 주의에 여유를 갖게 될 것이다. 기내에서나 지상에서의 전자제어장치, 감시장치, 표시장치, 통신시스템의 성능향상이 앞으로 기대된다.

해운

해운시스템에서는 화물수송선과 항만시설이 중요하다. 해운에 관한 기술개발은 화물수송의 속도상승과 안전성향상에 초점을 둔다. 또한 해상수송은 무역에서 제일의 수송수단이다. 우리나라도 계속 무역량이 증가하면서 선박전조양도 증가추세에 있다. 그러나 근래에 와서 내륙수로 수송은 아주 미미한 실정이다.

철도

선로의 건설, 보수, 관리, 차량에 대한 투자는 상당히 크다. 조차나 배차를 원활하게 하려면 새로운 조차장이 건설되어야 하고 많은 노선의 철도시설이 계속 개량되어야 한다. 철도수송을 효율적으로 운용하기 위해서는 열차의 운행빈도를 증가시키고 신뢰성의 향상이 강조되어야 한다. 또 기술적으로 중요한 것은 보수, 관리의 비용을 줄이는 것이다. 이를 위해 열차가 선로에 미치는 압력을 감소시켜야만 한다. 근래에와서 자기부상차량에 대한 연구가 이루어지고 있으나 실용화에는 상당한 시간이 필요할 것으로 본다.

각종 수송방식간의 수송능률의 향상

일반적으로 각 수송방식간의 수송이란 화물과 승객의 모든 이동을 포함하고 한 수송방식에서 다른 수송방식사이의 화객의 바꾸어타기 뿐만 아니라 개개의 수송방식 내에서의 연계도 포함한다.

보내는 것과 받는것을 맡아하는 일관수송사업을 수송회사가 서로 경쟁적으로 한다면 기술을 최대한으로 발휘하여 가장 좋은 효율을 갖는 방법을 고안하려고 애쓸것이다. 운송회사는

트럭과 비행기의 스케줄을 조정하고 소포의 특급배달을 할인하면서 서비스를 제공할 수 있게 될것이다. 또한 소포수송회사는 자기의 업무지역외에서도 다른 회사와 계약을 하여 수송을 일관되게 할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

앞으로의 수송시스템에서는 컨테이너기술, 개량된 기재의 조작기술, 전체 시스템의 관리기술이 중요하리라 믿는다. 컨테이너의 폭넓은 적용범위와 반듯한 규격화는 화물의 조작기술의 향상에 직접적으로 기여해 왔다. 또 컨테이너화에 따라 정기선회사는 철도회사와의 사업공동으로 해상수송과 육상수송을 맺는 일련의 선적수송방식을 탄생시켰다. 따라서 해상수송과 육상수송의 여러가지 요소들을 통합하여 최 대한의 경제성을 추구하고 있다.

에너지

최근에 와서 우리나라의 수송부문이 차지하는 에너지소비는 대단하며 현재 수송부문의 에너지원 중에서 석유가 거의 대부분을 점유하고 있다. 합성연료가 가까운 장래에 개발되리라는 것은 기대하기 어렵고 전기자동차의 개발로 어느 정도의 대체효과가 나타나리라는 것은 상상하기 어려운 실정이다.

이용자가 교통수단을 선택할 때 에너지에 대해서 큰 관심을 갖지 않는다. 그럼에도 불구하고 정부나 산업체에서는 석유이외의 연료개발에 많은 시간이 걸리기 때문에 단기적인 수단으로 성에너지에 주력하고 있다. 고속도로를 달리는 새 차나 항공기의 에너지효율을 높히는 것과 승차인원을 될 수 있는 한 많게 하는 것 등에 관심을 갖는다.

여객수송에서 수송수단의 에너지효율의 평가는 한번의 수송에 이용되는 승객수와 추진기관의 에너지효율로 이루어진다. 승차율은 1킬로미터 달리는 동안 평균 몇 사람이 탔는가로 나타난다. 추진기관의 에너지효율은 1킬로미터 달리는데 사용한 에너지로 나타난다. 따라서 수송효율은 한 사람을 1킬로미터 운반하는데 어느 정도의 에너지를 썼는지를 표시한다.

도시간 여객수송은 버스가 가장 효율이 좋고 도시교통에서는 버스보다 지하철이 효율이 좋다. 도시간이나 도시내에서 자동차의 수송효율은 다른 수송방식에 비해서 훨씬 떨어진다.

화물수송에서 수송효율은 화물 1톤을 1킬로미터 운반하는데 소비되는 에너지로 분석한다. 그러나 화물수송에서 어느 수송기관을 선택할 것인가는 에너지 이외의 요소로 결정되기 때문에 주의해야 한다. 예를들면 저가격의 화물은 대개 수로를 이용하고 고가의 화물은 공수한다. 에너지 관점에서 본다면 화물 수송은 철도와 수로가 가장 효율이 좋다.

수송효율

효율을 대폭적으로 개선하려면 저효율의 낡은 수송수단을 새로운 기술을 갖춘 수송수단으로 바꾸어야 하나 너무 긴 시간을 필요로 한다. 단기적인 방법으로 보다 효율적인 수송수단의 이용, 예를들면 차의공동이용이나 빈차 또는 가까운 거리의 이동을 감소시키면 에너지효율을 상당히 높힐 수 있다.

철도와 배는 대체로 효율이 좋은 디젤기관을 사용하여 가장 열효율이 좋은 상태로 장시간운전을 하고 있다. 따라서 앞으로 철도와 배의 효율을 획기적으로 개선하기는 쉽지 않을 것으로 전망된다.

항공에서는 성에너지를 고려한 비행스케줄을 작성하여 승차율의 향상, 항공교통 관제의 진보로 효율을 높이고 또 대형으로 효율이 좋은 항공기를 도입함으로써 연료 효율을 많이 높힐 수 있으나 기존의 공항시설로 대형항공기를 받아드리려면 무리가 생길 수도 있다.

선진국에서는 평균연비를 년차적으로 올리도록 신차에 규정하여 낡은 차가 신차로 바뀌게 되면 자연 평균연비가 좋아지도록 한다. 가솔린기관의 효율은 연료와 공기 혼합비를 낮게 하여 운전하도록 연료시스템을 바꾸어 향상시킨다. 이것은 전자제어를 대폭 채용함으로써 이루어진다. 디젤기관은 가솔린기관에 비해서 효율은 훨씬 높다. 자동변속기에서는 오버드라

이버의 대폭적인 채용과 수동변속기에서는 기어의 단수를 증가시키므로 성에너지를 이루어 낼 수 있다. 기관내의 마찰과, 타이어와 도로사이의 마찰손실을 감소시켜 효율을 향상시킨다. 차체에 사용되는 재료의 개선, 승차정원을 줄여 차를 소형화하는 것, 사람이 타는 공간을 넓히는 설계로 평균차체중량을 가볍게 한다. 승용차의 수송효율을 높이는 방법중 하나는 승객수를 늘이는 것인데 이것은 대단히 어려운 문제이다.

버스에서는 차체중량의 감소, 기관이나 변속기, 차축의 효율을 좋게하여 연료효율의 개선이 이루어지고 있다. 차체의 경량화로 효율의 향상을 꾀하나 배기규제로 그 이상의 효율개선은 어렵다.

도시에서 이용되고 있는 중요한 수송수단의 수송효율은 앞으로 거의 차이가 없어 질 것으로 본다. 여객수송의 계획작성에 에너지의 효율보다 다른 요소가 중요하게 다루어질 것이다. 모든 수송방식에서 도시내교통이나 도시간 교통에서 한 차량에 평균승객수를 증가시키는 방법을 강구해야 한다.

대체연료

내연기관이나 외연기관은 여러가지 연료의 종류에 따라 개량될 것이다. 그럼에도 불구하고 액체탄화수소만이 장거리 운행을 가능하게 하는 높은 에너지를 보유하고 있다. 때문에 해운, 항공, 철도와 트럭수송도 당분간 계속 액체연료에 의존할 수 밖에 없다. 승용차는 비교적 단거리주행일 때는 기체연료가 사용가능하다. 그러나 기체연료의 공급설비가 현재로서는 한정되어 있다.

대체연료가 수송기관의 내구성, 성능, 배기가스, 비용에 미치는 영향에 관해서 집중적인 연구가 진행되고 있다. 한편 합성연료의 품질의 저하, 부식특성, 에너지의 낮음 때문에 현재의 연료저장시설이나 유통시스템이 아무런 쓸모가 없으면 별도의 저장 및 유통시스템이 필요하게 된다. 이렇게 되면 2중의 시설이 오랫동안

동안 필요하게 되어 상당한 비용부담이 따르게 된다.

장거리철도수송에서 디젤로 부터 전기로의 전환은 기술적으로 가능하다. 그러나 철도의 송배전선때문에 발생하는 전자파의 영향을 받지 않도록 현재의 철도 신호시스템을 변경할 필요가 있고 그 비용은 막대하다.

전기자동차에 대한 관심은 대단하다. 그러나 전기자동차는 통상의 운전조건에서 80~180킬로미터를 달리는 것이 한도이고 현재로서 충전하는데 6~8시간이 필요하다. 연구가 진행되면 성능이 향상되나 전기자동차가 내연기관자동차의 작동성능까지 도달되리라 기대할 수는 없다.

안전성

자동차의 안전성향상은 연구개발의 목표중 하나이다. 자동차의 구조가 충돌에너지를 많이 흡수할 수 있도록 하고 보행자가 많이 다치지 않도록 제동계통, 조정계통, 조명장비에 개량을 가하여 보다 높은 안전시스템을 실현시키고 있다. 에너지흡수율이 높은 신재료의 개발과 차내의 손상을 감소시키는 새로운 차체구조의 개발등이 현재 연구되고 있다.

철도사고는 물적손해가 크고 인적손상은 적은 편이나 결코 무시할 수 없는 것이다. 철도사고는 주로 노선상 또는 조차장에서 탈선사고로 선로나 차량에는 작은 손해를 입히는 경우가 많다. 여러가지 사고원인에 대한 분석이 이루어지나 문제점이 여러 분야에 걸쳐 있기 때문에 개선이 어렵다.

비행기의 안전성은 조종사의 훈련과 경험, 항공기의 형식과 정비의 기준, 비행조건의 차이에 영향을 받는다. 사고의 대부분은 착륙할 때까지에 발생하며 조종사의 잘못이 대부분을 차지한다. 조종사와 승무원의 기술향상, 항공교통관제시스템의 개선, 조종사와 관제관의 상호연락방법의 향상에 노력하고 있다.

위험물수송의 안전을 확보하는 것은 수송로 주위의 안전을 지키기 위해서도 중요하다. 탱

크화물차의 탈선은 위험물의 유출을 일으키고 고속도로에서 사고가 난 트럭의 폭발은 위험하기 짝이 없다. 현재 위험물로 분류된 물질은 가연성, 폭발성, 방사성, 중독성 등의 물질을 합하여 약 1600종에 이른다. 긴급시의 대응조치에 대해서도 중요하다. 사고가 났을 때 위험물을 처리하고 긴급연락체제를 갖추는 것도 잊어서는 안될 사항이다.

환경에 대한 영향

수송시스템에서는 환경문제가 언제나 따라 다닌다. 연료를 태웠을 때 발생하는 유해성분의 억제, 교통기관이 지상이나 공중에서 내는 소음의 삭감, 폐차의 처분, 고속도로, 철도 및 비행장의 용지선정, 국토이용에 따른 수송시스템의 영향, 생활형태에 미치는 수송의 영향등 고려해야 할 것들이 많다. 특히 배기가스의 규제와 소음의 억제 등의 문제는 입법과 규제조치의 대상이 된다.

자동차의 배기가스

고속도로를 달리는 자동차에 대한 배기가스의 기준이 선진국에서는 이미 법으로 정해지고 배출기준의 대상은 탄화수소, 일산화탄소, 질소산화물 및 입자상물질로 되어 있다. 가솔린기관의 배기가스억제의 관건은 촉매컨버터에 의한 배기가스처리를 들수 있고 공기와 연료의 비율을 엄밀하게 제어하는 시스템도 있다.

자동차 배기가스중에서 중요한 것은 디젤기관의 배기가스로 특히 입자상물질의 배기기준은 디젤기관을 사용하는 차에게 심각한 영향을 줄 것이다. 또 디젤기관의 배기가스 중에 포함된 발암물질의 위험성은 중요한 문제이다. 만약 이 위험성이 확인된다면 연료효율이 좋은 디젤기관이 사용될 수 없게 된다.

항공기의 배기가스

항공기기관에서 발생하는 유해한 배기가스 감소는 꾸준한 연구를 통해 많이 이루어졌다. 그러나 가장 곤란한 문제는 질소산화물에 대한

기준달성이다. 여기에 관한 연구는 2단계 연소로 질소산화물의 대표 감소를 꾀하는 것이다.

철도의 배기가스

디젤기관차의 배기가스에 대해서는 이용가능한 기술과 운전방법에 모순이 없는 범위내에서 엄격한 규제가 이루어지고 있다. 앞으로 질소산화물과 입자상물질에 대한 규제가 더 심해진다. 디젤기관차를 사용할 수 없게 될 것이다.

선박의 배출물

거대한 탱커가 해양을 항행하기 시작하면서 유출되는 기름으로 해양생물이 죽고 해안지대의 환경이 오염되는 심각한 문제가 제기되었다. 거대탱커의 사고로 유출되는 많은 양의 기름을 제거하거나 무해하게 하는 유효한 방법은 아직도 개발되지 않고 있다. 그러나 탱커 설계상의 문제해결이 어느 정도 사고를 막을 수 있다. 또 항구의 위치, 항구의 모양, 항만의 운영방법에도 사고의 가능성이나 사고발생시 오염량과 영향에 깊은 관계가 있다.

오염을 감소시키는 방법으로 예방조치와 사후처리가 있는데 많은 연구와 처리방법에 대한 노력은 주로 사후처리 쪽에 기울어져 왔다. 사후처리에 대한 방법이 비약적으로 발전되어 왔으나 파고가 5미터 이상이 되면 아무런 효과가 없다. 따라서 예방조치의 중요성이 인식되어 승무원을 잘 훈련시키고 엄격한 면허교부, 선박의 기기와 항행용기기의 성능향상, 항로의 개선, 선박상호간의 통신개선 등을 고려하게 되었다.

소음

항공기의 소음을 줄이는 노력이 계속 이루어지고 있으며 주로 기관의 개량에 의한 것이다. 그러나 비행편의 증가, 대형화에 따른 이착륙거리의 연장, 공항근처의 인구증가로 말미암아 항공기소음문제는 갈수록 심각해지고 있다. 어려운 문제는 이착륙시 발생하는 기체진동에 의한 소음으로 이것 자체가 상당한 소음원이 된다.

소형차에 대한 소음규제는 아직도 선진국에서 정하지 않고 있으나 5톤이상의 트럭에 대한 규제는 엄격하다. 이들 소음원인은 타이어와 노면사이의 상호작용과 냉각용 팬에 기인하므로 소음사감이 어려운 실정이다.

앞으로의 전망

수송시스템을 앞으로 유지하고 확대시켜 나가려면 첫째로 각 수송방식의 운행특성 즉 수송효율, 환경에 대한 영향, 안전성을 개선하고 둘째로 시스템 전체의 효율을 최대한으로 좋게 하기 위해 각 수송방식을 연계시켜 시스템 전체의 기능을 개선하는 것이다. 기술 자체는 한 나라의 수송시스템을 급격하게 변화시킬 수 있는 힘을 가지나 시스템 전체가 거대하고 복잡하여 새로운 수송기관, 시설을 개발 도입하려면 시간과 비용이 많이 소요되므로 기술력을 발휘하는데 한계가 있기 마련이다. 가까운 시일내에 획기적인 수송수단이나 연료가 출현하지는 않을 것이다. 그러나 수송기관이나 기존시스템의 개량과 시스템 전체의 통합에 대한 개선이 계속 이루어질 것으로 본다. 이런 개선으로 확대되는 수송요소를 충족시키면서 새로운 투자를 최대한으로 줄이고 에너지 사용량을 적게 하려고 할 것이다.