

한일터널은 양국 국민의 행복과 세계평화를 위한 프로젝트

한일터널 실현을 위한 제 과제와 해결 전망

2012년 7월

노자와다이조 일한터널연구회 회장, 전 일본 법무대신

- 유로터널 세이칸터널에 대담 있어..... 2
- 터널내 교통수단은 셔틀 열차가 가장 이상적..... 2
- 한일터널 효과 무궁무진해..... 3
- 한일터널 루트의 일원화와 설계조건..... 4
- 기본 토피를 100m로 해서 루트 선정해야..... 5
- 터널 형태는 단선병렬이 가장 합리적..... 6
- 굴착은 유로터널처럼 실드 TBM이 유망할 것..... 6
- 터널 굴착에 10조엔 ... 정부, 민간 분담해야..... 7
- 한일터널은 일본의 복원력 증강에 큰 효과..... 8
- 한일터널 주변 역세권 개발도 매력 많아..... 8
- 한일터널의 최대 메리트는 양국 국민 행복도(幸福度) 향상..... 9
- 혈해탄 넘어 행복이... 자, 터널을 뚫자..... 9

“한일터널은 양국 국민의 행복과 세계평화를 위한 프로젝트”

-한일터널 실현을 위한 제 과제와 해결 전망-

노자와 다이조(野澤太三) | 일한터널연구회 회장, 전 일본 법무대신

한일터널을 실현하기 위해서는 여러 가지 어려운 과제가 많다. 이러한 과제를 해결하고, 진행시키는 것이 우리 연구자에게 주어진 사명이라고 생각한다. 한일터널은 100년 가까이 논의되어 왔지만, 지금은 '왜 못 하는가' 라는 것이 아니라, '어떻게 하면 할 수 있는 것인가' 라는 시각에서 과거를 되돌아보고, 세계적으로 전개되고 있는 각종 해저터널 공사 실적을 근거로 미래를 개척한다면 희망이 보일 것이라고 확신한다.

유로터널과 세이칸터널에 해답 있어

우선 오른쪽 페이지의 그림을 참고할 필요가 있다. 영불터널(유로터널)과 한일터널의 인구 분포를 비교한 것이다. 500km 반경으로 보면 유로터널은 1억3,000만 명, 한일터널은 8,000만 명이 거주한다. 그러나 1,000km권에서는 유로터널이 2억6,000만 명, 한일터널은 3억8,000만 명으로, 한일터널이 더 인구가 밀집돼 있다.

다만 거기에는 북한이라는 걸림돌이 존재하기 때문에 우리는 당연히 500km 반경의 인구와 산업을 기반으로 터널의 경제성을 논의해야 한다. 양자의 비교 시 인구문제 뿐 아니라 그 권내에 있는 산업 활동이나 장래 경제 성장률도 가미하여 논의를 진행시키면 좋을 것이다. 이러한 사실을 근거할 때 한일터널의 사업적 기반은 충분히 갖추고 있다고 판단된다.

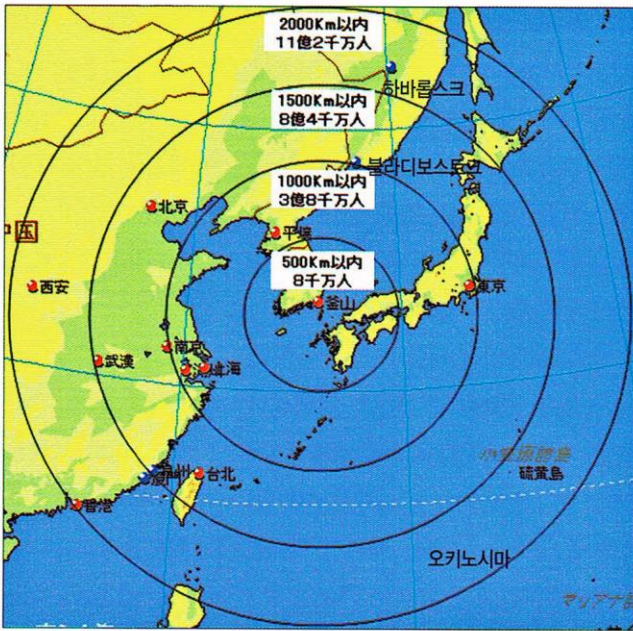
한일터널을 성공적으로 추진하기 위해서는 우선 '한일터널

이란 무엇인가?' 라는 물음에 답해야 할 것 같다. 한·일 두 나라 대부분의 국민은 한일터널 프로젝트가 어떤 내용이고, 어떤 사명과 어떤 효과가 있는지 자세히 알지 못하고 있다. 지금까지 우리가 많은 활동을 해왔음에도 그 내용이 잘 전달되지 않은 것에 대해 반성하고 있다. 지금까지 양국의 역사적인 관계, 국민감정, 찬반양론 등을 놓고 볼 때, 한일터널의 존재 의의와 가치, 구체적 건설 방안, 완성 이후의 효과, 경제·사회적 평가, 양국 국민의 연대의식 등을 포함해 종합적으로 홍보하는 것이 급선무라고 생각한다.

그리고 한일터널을 성공적으로 추진하기 위해서는 구체적인 제안이 전제되어야 한다. 그 구체적인 제안은 실행 가능한 구체적 방안이 아니면 안 된다. 지금까지 터널 내의 교통수단으로 여러 가지 환상적인 계획이나 희망이 논술되었다. 자유롭게 달릴 수 있는 고속도로 안을 비롯해 교량 건설안, 리니어 모터카(linear motorcar) 활용 방안 등 다양하다. 일본 측은 장대터널인 한일터널 건설과 그 활용 방안에 대해 집중적인 논의를 거듭해 왔다.

터널내 교통수단은 셔틀 열차가 가장 이상적

첫째로 자동차로 자유롭게 달리는 방식은 이상적이고 재미있는 제안이기는 하다. 그러나 현재 자동차 기술로 보면 우선 안전 면에서 장대 터널 내를 자동차로 자유 주행하는 것은 어렵다. 또



한일터널권의 인구 분포도.



유로터널권의 인구 분포도.

배기가스 등의 문제가 아직 극복되지 않고 있다. 전기자동차도 개발되어 있지만 아직 일반화 되어 있지 않다. 그러한 이유로 우선 자동차가 자력으로 주행하는 방식은 단념해야 할 것 같다. 대신에 철도에 자동차를 실은 셔틀 열차, 카페리와 같은 생각에 집약해야 될 것 같다. 셔틀 열차에 대해서는 유럽 알프스 산악 루트인 고트하르트(Gotthard) 터널에서 이미 선보였으며, 해저터널로는 유로터널이 대표적 선행 사례가 될 것이다.

리니어 모터카도 대안으로 대두되었지만, 아직 개발 중이다. 이것은 자기부상(磁氣浮上)이 핵심인데, 가능한 한 가볍게 해야 되기 때문에 물류에는 적합하지 않다. 또한 해저터널에서는 시도된 적이 없다. 특히 염분을 포함한 해수 침식을 생각하면 전기적·자기적으로 아주 고도기술을 전제로 하는 리니어 모터카는 해저 터널에는 어울리지 않는 것 같다.

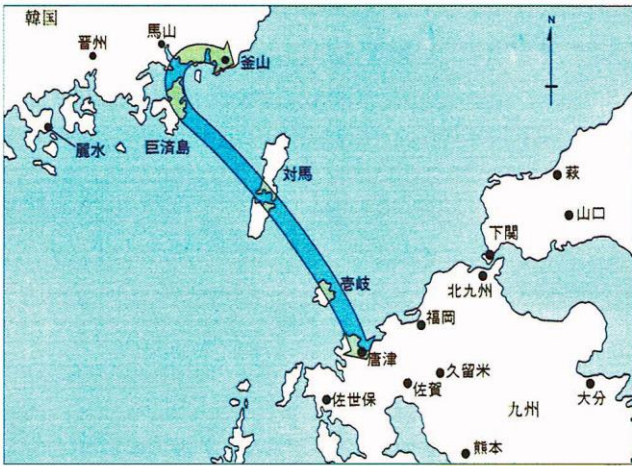
우리는 지금까지 안정적인 수송 능력을 보여주고 있는 세이칸터널이나 유로터널 실적을 근거로 레일과 바퀴로 주행하는 현재 해저터널의 모습을 한일터널에도 그대로 채용하는 것이 가장 적절하다고 보고 있다. 일본의 경우에는 세이칸터널에 앞서 짧은 거리지만 규슈와 혼슈를 연결한 간몬(關門)터널 등 해저터널 건설 경험이 상당히 쌓여 있다. 세이칸터널은 재래선에서는 화물열차를 중심으로 주행하고 있는데, 고속 열차로

연결하기 위해서 E5계 '하야부사' 라는 타입의 신칸센을 개발해서 현재 아오모리까지 개통되었다. 3년 후에는 홋카이도까지 세이칸터널을 통해 주행할 예정이다. 한국 KTX에서도 해저터널에 대해서 검토할 터인데, 바닥 밑 기기 등 해저터널 주행을 위해 몇 가지 개량이 필요할 것이다. 일본 신칸센과 한국 KTX가 서로 노선을 연장할 경우 양쪽 모두 전력공급 시스템과 신호방식의 개선이 요청된다.

화물열차는 이미 해저터널을 많이 이용하고 있다. 기관차 견인에 의한 컨테이너 열차가 상정되는데, 궤간계이지 과제를 극복해야 한다. 일본은 궤간 1,067mm인데, 한일터널은 한국과 동일하게 표준궤 1,435mm를 생각하는 관계상 궤간 조정이 과제이다. 그것에 대해서는 대차교환이나 환적 등 여러 가지 연구가 필요하다. 또 장래 시베리아횡단열차와의 연계 문제도 검토해야 한다. 어쨌든 기존의 열차운행 시스템과 선행연구에 준거해 대응해 나가야 할 것이다.

한일터널 효과 무궁무진해

한일터널을 진행시키기 위해서는 우선 시발역과 종착역의 기능이 매우 중요하다. 한일터널의 경우 인구와 도시 기능 집



한일터널 루트의 평면도.

중 현상을 고려할 때 일본은 하카타(博多), 한국은 부산에 터미널을 세울 가능성이 크다. 중요한 것은 그 배후지이다. 일본은 칸사이(關西)와 오사카(大阪)까지의 인구 및 산업, 한국에서는 서울까지 포함한 인구 및 산업의 백업(Back up)이 있어야 성립이 가능할 것이라고 본다. 그러기 위해 하카타, 부산 양역에서 시발 열차가 운행 가능한 홈을 준비하는 것이 중요하다. 시발 열차의 출발 홈이 필요하고, 동시에 배후지에서 직통으로 목적지까지 가는 직통열차 운영이 가능한 홈이 필요하다.

예를 들면 '오사카~부산' 혹은 '오사카~서울' 행, '서울~하카타' 혹은 '서울~오사카' 행 열차가 운행될 수 있어야 한다. 그러한 의미로 하카타, 부산역의 개량이 동시에 필요하다. 덧붙여서 하카타 신역은 역 건물 안에 신칸센 홈이 일체적으로 들어 있어서 홈 및 통과 홈이 양쪽 모두 갖추어져 있는 배선 방식이다. 개통 1년이 되는데 직통열차 이용도가 매우 크고 지금까지 비행기로 칸사이 지역에서 쿠마모토 혹은 가고시마로 날아다니던 손님의 대부분이 하카타 경유 열차에 시프트(shift)하는 현상이 일어나고 있다. JR규슈가 큰 혜택을 받고 있다. 한일터널이 생기면 그러한 일이 가능하게 된다. 상당한 수의 손님이 항공기에서 신칸센으로 이전해 여객 수요가 늘어날 것이라고 보고 있다.

시발 역 못지않게 중간 역의 기능도 중요하다. 일본에서는 가라쓰, 이키, 대마도가 각각 그 기능을 가지고 있다. 지금까지 선박이나 비행기를 이용했던 손님이 신칸센으로 이동하면 이들 역이 아주 큰 수용 능력을 충분히 발휘할 가능성이 있다.

그러한 의미로 중간 역 존재가 앞으로 급부상하므로 역사 및 광장, 부속 수송기관, 철도, 도로 등도 개발되어야 할 것이다.

물류 기지는 후쿠오카가 이미 1,300톤 규모이며, 도스(鳥栖)에도 그것을 보완하는 물류기지가 있다. 그것들을 확충 강화해 신역을 설정하는 일도 검토를 진행시키고 있는데, 한국에서도 강서지구의 도시계획 진전 등을 생각해 재래역 개선과 함께 신역 확장도 검토할 필요가 있다.

더 중요한 것은 셔틀 기지 준비이다. 유로터널의 경우 자동차가 매우 중요한 고객이다. 트레일러, 버스, 승용차 등 각종 차량을 셔틀 트레인에 수용해 차례차례 그것을 수송하려면 상당히 광대한 면적이 필요하다. 따라서 여객 기지와는 분리된 형태로 준비해야 한다. 대피선 및 환승선, 입국관리 그 외의 국내수속처리 등을 포함해 가능한 한 근처에 고속도로의 액세스(Access)를 준비해 고속도로와의 접촉을 편리하게 할 필요가 있다. 그러기 위해 상당히 넓은 용지가 요청된다. 유로터널의 경우 프랑스에 약 650ha, 영국에 약 160ha 정도의 광대한 야드가 준비되어 있는 것으로 알려져 있다.

앞에서 지적한 대로 우리가 앞으로 제안하는 플랜은 실행 가능한 구제안이여야 한다. 꿈에서 현실로, 비전에서 플랜으로, 그리고 현장 실시설계라는 형식으로 진행해 가는 것이 매우 중요하다. 그래야만 양국 국민들이 '과연 이렇게 하면 할 수 있겠군. 이것이라면 바로 진행하면 될 것 같다'라는 신뢰감을 가질 수 있다.

한일터널 루트의 일원화와 설계 조건

실행 가능한 플랜을 만드는 것이 큰 과제이다. 이에 대한 대처 방안으로, 첫째가 루트의 일원화이다. 지금까지 일본의 일한터널연구회는 가라쓰(唐津), 이키(壱岐), 쓰시마(對馬島)까지는 대체로 하나의 안으로 정리했다. 쓰시마로부터 한국에 이르는 안은 A, B, C의 3안을 제안했다. A안은 쓰시마 시모지마(下島)에서 거의 직선으로 한국 거제도(巨濟島)로 이르는 루트로, 3안 중에서는 최단거리이다. B안은 그것을 조금 북쪽으로 돌아 쓰시마 우에시마(上島) 남부에서 거제도에 이르는 루트이다. C안은 쓰시마를 북상해 대마도 북단에서 곧바로 부산으로 직행

하는 루트이다. 이 A, B, C 3안을 제안해 수십년 간 검토를 거듭하면서 우리는 3안에 대해 각각 문제점을 조사해 왔다. 현지 를 답사해 한국 측의 의견도 들었다.

우선 A안은 시모지마의 지형 관계로 아무래도 쓰시마역을 지하역으로 해야 하느냐 하는 의견이 제시됐다. 그러한 이유로 A안은 약간 문제가 있다. C안은 바다가 점차 깊어져 230m 정도까지 수심이 상정되는 문제와 함께 부산에 상륙했을 경우 큰 야드의 셔틀역 혹은 시공기지의 적지가 없는 것으로 봐서 C안은 어렵다. 특히 바다가 깊다는 점은 아주 힘든 과제이며, 이것에 대해서는 아무래도 선택이 쉽지 않다. 결국 B안이 남았는데, 지상역이 가능하고 수심도 160m 정도여서 거의 같은 깊이로 통과가 가능하다.

따라서 3안 중에서는 B안을 수정해서 활용하는 것이 가장 현실적이라고 판단하고 있다. 이것을 주목하자면, 우선 해저를 통과하는 거리가 A안에 비해 짧고, 수심도 160m 전후로 비교적 얕아 안정적이다. 지상 기지에서의 동력, 재료, 토사처리, 그 외를 생각하면 상당히 광대한 지상 기지가 필요한데, 그 점에서도 가능성이 있다. 동시에 그 철거지에는 역을 설치할 수 있다는 이중의 이점이 있다. 쓰시마 시모지마(下島)로부터 우에시마(上島)에 이르는 루트는 쓰시마 동쪽으로 가깝게 갈 경우 비행장이 가깝지만, 만제키세토(万關瀬戸) 운하 근처에 교량을 건설할 경우 공사도 상당히 수월하게 진행할 수 있는 큰 이점이 있다. 현재 우리는 이 수정 B루트를 잠정 선정하여 앞으로 한국 측과 상담하면서 루트 일원화를 도모하려고 한다.

한국의 부산시 당국은 강서지구를 출발해서 가덕도를 경유해 쓰시마에 이르는 루트를 제안하고 있다. 이 지역은 양국 국경이지만, 지형, 지질, 단층, 용수 등 상세한 조사가 아직 충분히 되어있지 않다. 한국과 공동 조사를 실시해 공통 데이터를 근거로 하여 최적 루트를 최종적으로 확정하는 것이 좋다. 우리의 사전 조사에서는 이 수정 B루트가 가장 적절하다고 보고 이를 제안했다. 그에 대해서는 앞으로 양국 기술자를 중심으로 합의 과정을 거쳐 일원화를 실현하고 싶다.

평면형을 생각할 때 중요한 것이 장래의 속도를 규제하는 곡선반경이다. 반경 6,000m 이상이라는 것은 장래 시속 300km, 350km 정도의 고속 열차가 주행하는데 충분하며, 느슨한

커브를 상정하는 것이다. 그래서 위치상 충분히 실행 가능하다고 본다. 하나 더 중요한 것은 루트의 종단 선형 프로필을 어떻게 실현하는가이다. 우선 가라쓰로부터 시작해서 이키, 쓰시마, 거제도, 그리고 강서지구 및 최후는 부산이 되는데, 중간 섬을 이용해 섬에서 섬으로 가는 식으로 되어 있다. '가능한 한 해저 거리가 짧고, 얕은 곳'을 선택한다. 대국적인 견지에서 경사도 선정이 중요한데 결정적인 요소는 모두 지상역으로 하는 것이 아무래도 필요하게 될 것이다.

기본 토피를 100m로 해서 루트 설정해야

시공 단계에서는 동력기지, 재료 보관처, 토사처리, 상황에 따라서는 이수가압공법을 쓰면 상당히 큰 토사처리 야드가 필요하게 된다. 물론 인원 출입도 필요하다. 시공 단계의 기지는 지상이 바람직하다. 아울러 사갱이나 수갱 설치의 목적에 따라 만들면 된다. 기본 기지는 지상에 만들어야 한다. 완성되면 그것이 역이 되고, 대피선 혹은 셔틀 환승기지, 화물 선적기지 등으로 활용되기 때문에 그것을 계산하여 여유가 있는 부지면적을 확보해야 한다.

종단형을 설정할 경우에 중요한 것은 해저로부터의 토피(土皮)이다. 토피라는 것은 바다 바닥에서 터널까지의 거리 혹은 높이로, 일본에서는 '가부리'라고 부르고 있다. 이것에 대해서는 기본 100m를 견지하고 싶다. 100m라는 숫자는 세이칸터널 공사 결과 얻어낸 수치다. 해수 침투압 대응, 혹은 산악 공법 사용 가능성, 그 외에 터널 보호를 위해서도 필요하여 채용하였다. 실제로 여러 가지 테스트 결과 적절했다는 평가가 나왔다. 기본 토피를 100m로 하고, 부분적으로 확보가 어려운 경우에는 주입공법 등 보조공법을 이용해 진행시킬 수도 있다. 기본 토피 100m로 루트를 설정하고, 주 경사비율도 세이칸터널의 12%, 유로터널의 15%를 염두에 두면서 향후 상세한 결정을 내려야 할 것이다.

또 하나 중요한 과제는 서비스 터널과 물 빼기 터널이다. 현재 생각하고 있는 설계 단면은 단선병렬 형이다. 이것은 단선을 두 줄로 만들어 그 중앙에 선진도갱(先進導坑)이라는 지질 확인을 위한 작은 터널과 장래 터널의 유지관리 또는 비상시

의 피난 통로, 환기를 위한 공기 주입 등을 하는 서비스 터널을 배치하는 것이다. 서비스 터널은 필수이며, 그것과 본갱을 잇는 연락 갱의 역할을 하게 된다. 유로터널은 열차 길이와 관련해 반드시 한 개 이상의 연락 통로가 있다. 거기까지 고려하는 것은 앞으로 연구 과제이다.

세이칸터널의 경우 'W'자 형의 물 빼기 터널을 독립적으로 배치해 물은 모두 거기서 처리해 닛피(龍飛)와 요시오카(吉岡)의 사갱 바닥에 펌프 설비를 만들어 용수를 지상으로 올리고 있다. 그러나 한일터널의 경우 연장이 매우 길고, 지질적으로도 어려워 물을 기본적으로는 나오지 않게 해야 한다. 따라서 물 빼기 설비가 어느 정도 필요하게 될지 설계시공 상 최대의 과제일 것이다. 물이 나오지 않는 터널을 어떻게 구축해 갈지가 향후 기술 개발에서 초점이 될 것이다. 이것은 시공의 안전성과 유지관리 비용 절감, 터널 수명 등에도 직결된다. 이 문제를 해결하기 위해서 양국 합동으로 수저(水底) 해저터널의 모습에 대한 설계시공 상의 연구가 필요할 것이다.

완성된 터널은 방재에 대한 배려가 매우 중요하며, 열차 화재나 지진 대책, 해일이 일어났을 때 어떻게 대응해야 하는지도 큰 문제이다. 한일터널을 안전하고 쾌적하게 이용하기 위한 설비 및 그것을 활용하는 매뉴얼 등에 대해 한층 더 깊은 연구가 이뤄져야 할 것이다.

터널 형태는 단선병렬이 가장 합리적

터널 단면을 단선병렬로 할지, 복선 터널로 할지 정해야 한다. 그것은 시공 난이도나 터널 강도와도 관련이 있다. 시공 난이도를 생각하면 단선병렬이 쉽지만, 반면에 두 줄을 판다는 리스크가 있다. 세이칸터널의 복선단면과 유로터널의 단선병렬 가운데 어느 것이 좋은지도 논의의 큰 과제이다. 한일터널이 장대터널이며, 장래 유지 관리를 생각하면 단선병렬이 좋을 것이다. 우리는 단선병렬 형으로 하되, 중앙에 서비스 터널이 있는 유로터널 방식의 채용이 가장 합리적이라고 생각한다. 서비스 터널은 시공 단계에서 이용이 가능하고, 아울러 완성한 뒤 유지 관리와 피난 유도용 비상 통로, 급배기 등에 사용할 수 있다.

위에서도 지적했지만 물 빼기 터널과 그 구체적인 디자인이 중요하다. 세이칸터널의 경우 갱내 용수량은 대체로 40m³/분 가량 예상했으나, 실제로는 20m³/분 정도로 머물러 있음에도 아직 상당한 물을 퍼올려야 된다. 산악 공법으로 시공하기 때문에 어느 정도는 감수해야 하지만, 용수는 공정관리 비용에 크게 영향이 있기 때문에 기본적으로는 물을 나오게 하지 않는 시공법이나 또 물을 나오게 하지 않는 세그먼트(segment)를 개발해야 할 것이다. 단면적은 최소한의 건축 한계이지만, 장차 2, 3차 복공 가능성도 있다. 이것을 유념하여 약간 크게 만들어 유지 관리에 대비하는 것이 중요하다.

방수는 지금까지도 여러 연구 방안이 나왔는데 세그먼트의 수밀성(水密性)을 확보하는 것이 관건이다. 또 주변의 주입과 선진볼링이 가능한 머신으로 하는 것이 중요하다. 추가 주입으로 용수를 멈출 수 있는 세그먼트를 사용해야 할 것이다. 그러한 의미로 수압에 대해 충분한 내력이 있는 구조로 하는 것이 중요하다. 수심에 의한 힘만이 아니고 해면부터의 해수압과 토압에도 충분히 견딜 수 있는 세그먼트가 되어야 할 것이다.

굴착은 유로터널처럼 실드TBM이 유망할 것

해저터널 시공 방법으로 NATM(New Austrian Tunnelling Method)공법, 실드 TBM(Tunnel Boring Machine) 공법, 침매(沈埋) 공법 등이 있다. 그 모든 공법에 대해 현지 및 문헌 조사 등을 통해 연구를 거듭해 온 결과, 한일터널이 장대터널이자 상당한 경암인 것으로 봐서 유로터널을 시공한 실드TBM을 개량해 이용하는 것이 가장 유망할 것 같다. 유로터널의 경우 11대의 TBM이 사용됐는데, 그 중 6대가 일본 제품으로 알려져 있다. TBM을 사용하려면 암석의 종류를 파악하는 것이 중요하다.

일본측 출입구인 이키의 카츠모토층 노두(露頭)에는 상당히 훌륭한 사암혈암의 호층이 있다. 또 화강암이 일부 관입되어 있는 노두도 있다. 이러한 현장을 감안하여 경암 굴착을 용이하게 할 수 있는 머신을 개발하는 것이 중요하다. 동시에 이 머신에는 해저지층을 굴착하는 관계로 200m 가량의 수심과 100m의 토피를 합한 300톤/m² 정도의 수압이 걸린다고 예상

되는 만큼 그 수압에 저항할 수 있는 수밀성이 필요하다. 지금까지 실험 결과에서는 200톤/m² 정도까지는 괜찮다고 되어 있지만 새로운 머신 페이스(전면)를 고려하여 만일의 사태에 대응하는 방법도 생각해야 된다. 우선 시험 머신을 개발하여 충분히 해낼 수 있을지 연구해야 한다.

장거리 굴진의 가능성은 지금까지 스위스의 고트하르트 베이스 터널(57km)과 현재 시공 중인 말레이시아 도수로(道水路) 터널(45km)이 경암용 TBM에 의해 순조롭게 굴진되고 있다는 조사보고가 있다. 이들은 모두 산악터널이지만, 수압이 걸리는 해저에서 이용할 수 있는지를 알아 둘 필요가 있다. 당연히 이수가압식(泥水加壓式) 공법도 포함해서 생각해야 된다. 동시에 경암이어서 비트 교환이 빈번하게 발생하기 때문에 비트를 적절하게 바꾸는 것이 중요하다. 적어도 한 대의 TBM으로 10km 내지 15km 정도는 파나갈 필요가 있다. 중간에서 만약 TBM이 꿈쩍 못하게 되면 그 때는 기계 전체를 바꾸어야 한다는 문제도 나온다. 단선 병렬의 경우 교차하는 부분에 대해서는 NATM에 의한 굴착 공간을 만들어 거기서 TBM의 교체가 가능하다고 상정하고 있다. 동시에 이수가압식 공법의 경우 수밀성의 확보와 갑자기 나타나는 단층이나 용수 대책 등을 검토해야 된다. 막장 주입이나 보조적 공법의 주입과 병용이 가능한 형태의 TBM이 검토 과제가 될 것이다.

터널 굴착에 10조엔...정부, 민간 부담해야

다음의 큰 과제는 재원 산정일 것이다. 한일터널은 일부에서 천문학적인 공사비를 필요로 한다는 이야기가 나오고 있다. 현재의 한일 양국의 국력이나 경제력으로는 감당하기 어렵다는 풍문도 있다. 그러나 신칸센터널이나 유로터널 등의 해저터널 건설 사례로 보아 결코 천문학적인 숫자는 아니라고 본다. 어쨌든 구체적인 재원 규모와 조달 방안이 나와야 할 것이다.

공사비 산출을 위해 우선 필요한 것은 루트 선정이다. 설계에서는 서비스 터널의 필요성과 그 배치에 의해 단면 설계가 바뀔 수 있다. 시공법에 의해 공사비가 크게 좌우되기 때문이다. 이와 함께 각종 공사 실적을 감안해 공사비 전적을 내야 한다. 물 빼기 시스템 준비 등을 근거로 우리는 총 270km를 뚫

는데 약 10조 엔을 예상하고 있다. 이 숫자는 향후 조사 및 설계에 따라 바뀔 수 있기 때문에 내용을 더욱 정밀히 검토하고, 그것을 구체화하는 작업이 필요하다. 이 문제는 어느 정도 목표가 세워져야 논의가 가능하겠지만, 우리는 일단 기본 재원이 10조 엔이고, 공사 기간은 10년 가량을 잡아 계획을 진행하고 있다.

이러한 대규모 공사는 일개 기업이나 민간의 힘만으로는 충분하지 않으며, 양국 정부 차원의 의사 표시가 요청된다. 유로터널의 경우 프랑스의 미테랑 대통령과 영국의 대처 총리가 '캔터베리 합의' 이후 단번에 진척됐다는 사례가 있다. 한일터널 역시 양국 정상과 정부가 합의해 보증해 주어야 한다. 아울러 양국 국회로부터 의결도 받아 둘 필요가 있다.

또 하나 중요한 것은 완공된 후의 유지비이다. 끝에 가서 다시 논술하겠지만, 유지비는 비용 대 효과, 경제적 타당성 등을 좌우하는 중요한 포인트가 된다. 가능한 한 유지 관리비를 낮출 수 있는 방안을 강구해야 할 것이다. 양쪽 모두를 유지하기 위한 점검 시스템을 하루나 한 달, 혹은 한 해 단위로 각각 어떻게 할 것인지 나날의 업무를 정해 그 코스트를 산출해야 한다.

다음은 재원 마련이다. 유로터널은 세계적으로 민간 자금을 모집해 시작하였다. 그러나 공사비의 증가, 수송량의 변동, 연락선 혹은 항공기와의 경쟁이 있어서 민간 자금만으로는 운영이 불가능하였다. 결국 53%의 채권 포기를 거쳐 새 회사를 발족시켜 현재는 순조롭게 운영되고 있다. 이것을 교훈 삼아 우리는 한일터널을 기본적으로 한일 양국의 공공사업으로 자리 매김하고, 그 재원도 쌍방의 지원이 필요하다고 생각한다. 구체적으로 터널 건설을 위한 건설국채를 발행하고, 상환기간도 60년 정도로 충분히 늘려 잡도록 해야 한다. 국채 및 지방채에 대해 장기 저금리 채권으로 만들었으면 한다. 아울러 야드 주변의 지가(地價) 상승도 고려해 개발 이익을 환원하는 방법도 있다. 이 방법은 미국 로스앤젤레스 지하철 건설 때 역 주변의 몇 마일 이내에 대한 자금 공출을 검토해 채용한 케이스가 있다.

건설 비용에 대해 세금수입을 생각하는 것도 하나의 방법일 것이다. 기본적으로는 이 루트를 사용함으로써 이익을 얻는 사업자와 이용자부터 이용요금을 받아야 한다. 이것은 자금

조달 방법의 중요한 형태이지만, 장기 회수 방법을 생각해 가능한 한 공공의 부담을 최대한 줄여야 할 것이다.

한일터널은 일본의 복원력 증강에 큰 효과

이러한 대규모 공공사업을 가까운 장래에 벌이는 것은 어려울 것 같다는 지식인들의 지적이 있다. 동일본 대지진의 부흥 수요 때문이다. 동일본 부흥 사업에는 여러 가지 안이 있는데, 적어도 20조 엔의 부흥비를 목표로 재원 조달을 강구하고 있다고 한다.

우리는 일본 특유의 강인함과 복원력의 증강이 필요하다고 본다. 재해(災害) 하나로 나라 경제가 좌지우지되면 안 된다. 일본 내 인프라에 대해 대체기능 혹은 복원력이 필요하며, 강인함을 갖게 해야 된다. 재해에 의한 피해를 줄이는 것을 감재(減災)라고 하는데, 예컨대 이 감재가 가능하도록 인프라 전반을 강화해야 한다는 뜻이다. 오히려 현재 진행 중인 부흥 수요가 진척된 뒤에 오는 전환 과제의 하나로 일본의 강인함과 복원력을 향상시키기 위해서라도 한일터널 프로젝트는 큰 효과가 있다고 본다. 터널은 지진에 대해서 매우 강하다.

그런 면에서도 국채를 중심으로 한 자금조달을 기본으로 하되, 국제투자자금 등의 지원도 받으면서 장기 저금리 머니플랜으로 프로젝트를 형성해 나갈 필요가 있다. 이것은 향후의 큰 과제로, 각계 전문가들의 조언도 받으면서 연구해 가고 싶다. 어쨌든 놀랄 정도의 금액은 아니다. 10년에 10조 엔이라면, 양국 합해 한해 1조엔 정도의 공사비를 염출하는 것은 일본과 한국의 국내총생산(GDP)과 국민총생산(GNP)을 생각하면 충분히 가능한 문제이다. 일본 자민당은 최근 차기 중의원(하원) 선거 공약 개정안을 발표하면서 대지진 복구와 관련해서는 10년간 총 200조 엔을 집중 투자한다는 내용의 '국토 강화 기본법'을 만들겠다고 주장하였다.

한일터널을 실현하기 위해서는 건설은 공적 주체가 맡고, 유지관리 혹은 운영은 민간의 힘을 활용하는 상하분리 방식이 가장 적절하지 않을까 한다. 상하분리 방식에 대해서는 이미 각 분야에서 실적이 나와 있다. 일본에서는 세이칸터널이 건설 단계에서는 재정투융자의 차입금으로 진행했는데, 국철 개혁에

의해 건설비는 기본적으로 공공 부문이 인수해 담당하고 공정 관리 부문은 JR그룹이 맡고 있다. 고액의 유지 관리비, 예를 들면 펌프 교체에는 국가가 3분의 2를 보조하는 형태로 상하분리의 건설 및 유지 관리 시스템을 확립하였다.

한일터널 주변 역세권 개발도 매력 많아

정비 신칸센은 총연장 1,500km 가운데 이미 절반 가량 완성되었으며, 현재 홋카이도(北海道)와 호쿠리쿠(北陸), 나가사키현(長崎県) 등 세 방향을 향해 공사가 진행되고 있다. 정비 신칸센의 기본 방향은 건설 비용을 국가가 3분의 2, 지방이 3분의 1 그리고 특수 재원, 특별 재원 등 몇 종류의 기금이 부담하도록 돼 있다. 그래서 건설 단계에서 이용자인 JR그룹에 부담이 가지 않도록 하고 있다.

또한 완성 이후 거기서 나오는 수입에 따라 수익 범위인 이용료를 일정기간 지불하는 형태로 현재 진척되고 있다. 수송량이 큰 곳과 적은 곳을 합쳐서 채산 가능한 형태로 되어 있다. 홋카이도, 토호쿠(東北), 호쿠리쿠, 규슈에서는 가고시마(鹿兒島), 나가사키 등 5군데의 정비 신칸센이 모두 수지 채산의 전망이 세워져서 민영화하고, 개혁된 JR그룹 최대의 안정적인 재원으로 기능하고 있다. 혼슈(本州) 3사는 이미 민영화가 되었는데, 이번에 개통한 규슈 신칸센 가고시마 루트에서는 구마모토(熊本)와 가고시마의 손님이 항공기부터 대폭 이전되어 규슈JR는 철도 수지가 흑자가 되었다. 수년 이내에 주식 상장이 가능할지 모른다고 해서 장기 비전 안에 이것을 넣는 일도 하고 있다.

아울러 터미널 리모델링도 아주 잘 진행되고 있다. 하카타(博多) 역은 '몹시 즐거운 콘셉트'로 디자인이 되어 있으며, 역이라고 하기 보다는 하나의 시티(City) 개념으로 건설 운영되고 있다. 관계자들은 꼭 기회를 봐서 들러 보시면 좋을 것이다. 그 시발 중점으로서 오사카역이 면목을 일신했고, 오사카 신역, 하카타 신역이 내용적으로는 가장 현대화된 새로운 역사의 모습으로 어필하고 있다. 그리고 현재 도쿄역이 옛날의 빨강 벽돌 모습으로 돌아왔다. 도쿄에 오게 된다면 새롭게 단장한 도쿄 역을 볼 수 있을 것이다.

일본에서는 정비 신칸센의 경제적 타당성 문제가 자주 도마에 오른다. 경제적 타당성은 건설에 필요로 하는 비용으로 장래 발생하는 편익을 나누는, 이른바 '비용 대비 편익(B/C)' 비율로 논의한다. 그것이 1을 넘으면 경제적 타당성이 있는 것이고, 1을 넘지 않으면 경제적 타당성이 없다는 평가를 한다. 한일터널에 대해서는 벌써 한국 정부기관이 검토하였다고 들었지만, 아직 그 상세한 내용은 알지 못한다. B/C는 건설 비용과 장래 발생하는 일정기간의 유지 관리비로 사업자 편익인 B1과 이용자 편익인 B2를 나눈 것이 1을 넘는지, 안 넘는지, 요컨대 본전을 뽑을 수 있는지를 논의하는 것이다. 한국 정부의 시산(試算)에서는 충분하지 않다고 보는지, 한국의 관계자들을 만나면 "한일터널은 매우 즐거운 프로젝트이지만, 경제적 타당성은 없는 것 같다"라고 말하는 분이 있다.

그러나 우리는 그 의견에 동의하지 않는다. 예컨대 세이칸터널의 경우 경제적 타당성이 있어서 만든 것이 아니다. 1954년 태풍 마리에 의해 1,300명 이상 희생된 '도야마루호 침몰 사건'이 더 이상 재발되지 않도록 안전성을 확보하기 위해서 건설된 것이다. 그리고 그것은 현재 그 진가를 충분히 발휘하고 있다.

한일터널의 최대 메리트는 양국 국민 幸福度 향상

따라서 이용자와 사업자의 편익뿐만 아니라 국민 편익, 사회 편익 등을 가미한 것을 만들어야 한다고 생각한다. 그것을 D라는 지수로 정리하면 수치 재산에 큰 의미로 가산된다고 생각한다. D의 내용은 첫째로 세이프티(safety)와 스테빌리티(stability), 즉 안전하고 안정된 수송이 가능하게 된다는 것이다. 사고 발생률이나 태풍 등에 의한 결항률을 생각해서 세이프티 엘리먼트(element)를 생각해 보았다.

다음으로, 일일 행동권이 증가하고, 행동 범위가 확대되므로 이른바 액티브 에리어(active area)가 우선 터널 양측에 계시는 분들은 배증할 것이라고 본다. 거리가 멀어지면 줄어 들겠지만 행동권 확대를 하나의 지수로 계수화해 더해도 괜찮은 것이 아닐까 하는 것이다.

최종적으로 중요한 것은 한일터널에 의해 일본과 한국은 바

다와 하늘 길만이 아니라 육지로도 연결된다는 대체성과 여유가 생기게 된다. 이것을 리던던시(redundancy)라고 하는데, 이 리던던시가 5할 가량 증가한다고 예상된다. 그것으로 일본과 한국 경제는 탄력적이고 강인하며 복원력을 갖게 된다. 이 3가지 요건, 즉 안전성(S), 행동권(A), 대체성(R)을 가미한 D라는 발전성을 개량화·계수화해서 더하므로 수치 재산성이 충분히 성립된다고 할 수 있다. 우리는 한일터널이 한일 양국의 장래에 대해 확신을 주고, 도움이 되는 터널이라고 생각한다. 이것에 대해서는 향후 더욱 더 조사 연구할 필요가 있다.

한 가지 더 부언하면, 지금까지 GDP나 GNP라는 물질과 돈으로 계산했던 국력에 더해서 인간의 활동성, 장래의 행복을 나타내는 '행복도'를 개량화한 '그로스 내셔널 해피니스(GNH, Gross National Happiness)'가 중요하다고 본다. 지속 가능한 국력 판정 기준으로 H라는 요소를 감안해 우리는 국토 만들기를 진행시켜야 한다. 한일터널의 최대 메리트는 한일 양국이 서로 커다란 행복도의 증가를 기대할 수 있다는 것이다. 그런 의미에서 우리는 경제적 타당성을 측정하는 비용 대 효과라는 지금까지의 계산은 만족할 수 없다. 이것을 한층 더 발전적으로 전개해 대형 프로젝트에 대한 평가법의 확립도 아울러 연구되어야 할 것이다.

'현해탄 너머에 행복이...자, 터널을 뚫자'

마지막으로 중요한 것이 또 하나 있다. 이러한 대형 프로젝트는 단순한 경제, 사람, 물질, 돈 문제를 뛰어넘어 한일 양국 국민, 혹은 세계평화를 위해서 아주 도움이 된다는 강력한 의사 표시가 필요하다는 것이다. 그것을 부디 양국 관계자들이 공유해 주길 바란다. 강한 의지가 있어야만 시련과 장애를 극복하고 성공에 도달할 수 있기 때문이다.

'젠카이나다(현해탄) 너머 행복이 오고간다. 자, 뚫자. 이 터널을'.

필자는 5.7.5/7.7의 운율시인 단가(短歌)로 표현해 보았다. 이 단가에서 중요한 부분은 '행복이 오고간다. 해피니스가 오고간다'라는 구절인데, 필자는 여기에 '한일터널을 뚫자'라는 부분을 추가해 나의 강한 결의를 표명하고자 한다. ㊦

韓日トンネルは両国国民の幸福と 世界平和のためのプロジェクト

韓日トンネル実現のための諸課題と解決への展望

2012年7月

野澤太三 日韓トンネル研究会 会長、元日本国 法務大臣

- ・ 英仏海峡トンネルと青函トンネルに答えがある…………… 1 2
- ・ トンネル内の交通手段はシャトル列車が最も理想的…………… 1 2
- ・ 韓日トンネルの効果は無窮無尽蔵…………… 1 3
- ・ 韓日トンネルのルートの一元化と設計条件…………… 1 4
- ・ 基本土被りは 100mとしてルートを選択すべき…………… 1 5
- ・ トンネルの形態は単線並列が最も合理的…………… 1 6
- ・ 掘削は英仏海峡トンネルのようなシールド TBM が有望…………… 1 7
- ・ トンネル掘削に 10 兆円…政府、民間で分担すべき…………… 1 7
- ・ 韓日トンネルは日本の復元力増強に大きな効果…………… 1 8
- ・ 韓日トンネルの駅周辺開発も魅力的…………… 1 9
- ・ 韓日トンネルの最大のメリットは両国国民の幸福度の向上…… 1 9
- ・ 玄界の灘越え、幸の通り合、いざ貫かむ、この隧道を…… 2 0

韓日トンネルは両国国民の幸福と世界平和のためのプロジェクト

～韓日トンネル実現のための諸課題と解決への展望～

野澤太三: 日韓トンネル研究会 会長、日本国 前法務大臣



野澤 太三

韓日トンネルを実現するためには様々な困難な課題が多い。それらの課題を克服して進めることが私たち研究者に与えられた使命であると思う。韓日トンネルは百年近く議論してきたが、今は「何故できないのか」ではなく、「どうすればできるのか」という視点に立ち、過去を振り返り、世界的に展開されている各種工事の実績に基づき、未来を切り開くことで希望が開けると確信する。

英仏海峡トンネルと青函トンネルに答えがある

まず右ページの図を参考にする必要がある。英仏海峡トンネルと韓日トンネルの人口の配置を比較したものである。500km 圏でみると、英仏海峡トンネルは1億3千万人、韓日トンネルは8千万人が住んでいる。しかし1000km 圏では、英仏海峡トンネルは2億6千万人、韓日トンネルは3億8千万人となり、韓日トンネルがより人口が密集している。

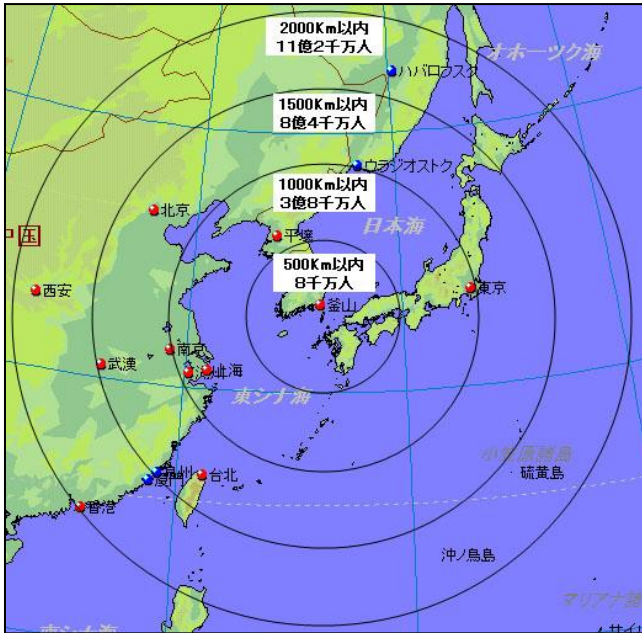
ただそこには北朝鮮という阻害要因があるため、当面、500km 圏の人口と産業をベースとし、トンネルの経済性を議論しなければならない。両者を比較するとき、人口だけではなく、その圏内の産業活動や将来の伸び率も加味して議論を進めればよいと考える。こうした事実に基づき、韓日トンネルの事業的な基盤は十分備えられているとみられる。

韓日トンネルを成功裏に推進させるには、まず「韓日トンネルとは何か」という問いに答えることである。韓日両国の大部分の方は、韓日トンネルがどういう内容で、どのような使命と効果があるかについて詳細を知らずにいる。これまで我々が多く活動して来たにもかかわらず、その内容が十分に周知されなかったことを反省している。これまでの両国の歴史的な関係、国民感情、賛否両論などをみると、韓日トンネルの存在意義と価値、建設の具体的な方法、出来上がった後の効果、経済的・社会的評価、両国国民の連帯意識などを含め、総合的に PR して行くことがまず重要と考える。

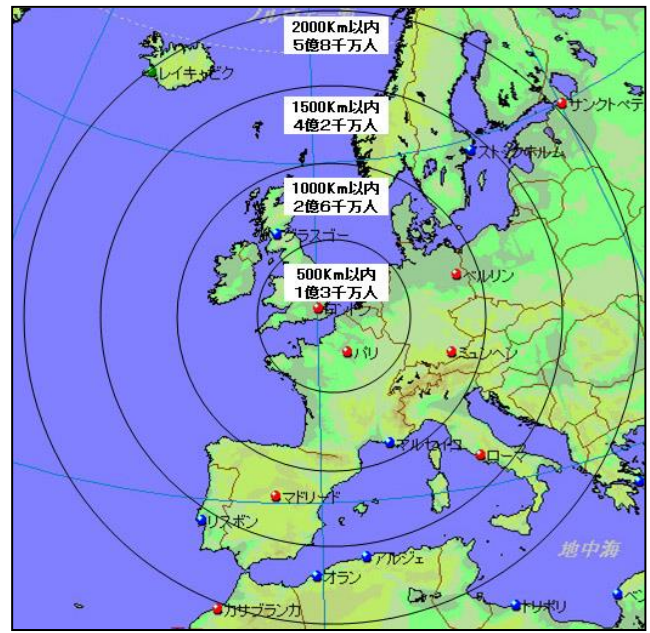
そして韓日トンネルを成功裏に進めるために具体的な提案を前提とする必要がある。その具体的な提案は実行可能な案でなければならない。これまでトンネル内の交通手段として様々な夢のような計画や理想が述べられて来た。自由に走行できる高速道路案、橋梁建設案、リニアモーターカーの活用案などもある。日本側では長大トンネルである韓日トンネルの建設と活用について集中的に議論を重ねてきた。

トンネル内の交通手段はシャトル列車が最も理想的

第一に自動車自由に走行する方式は理想的で楽しい提案である。しかし現在の自動車の技術では、まず安全面で長大トンネル内を自由走行することは困難である。また排気ガスなどの問題が未だ克服されていない。そのようなことから、まず自動車が自力で走行する方式は諦めなければならないようである。それに替わるものとして鉄道に自動車を載せるシャトル列車、カーフェリーの考え方に集約



韓日トンネル圏の人口分布図



英仏海峡トンネル圏の人口分布図

すべきではないかと考える。シャトル列車は、ヨーロッパ・アルプスの山岳ルートでゴッダルドトンネルでは既に実績があり、また海底トンネルとしては英仏海峡トンネルが大きな先事例となっている。

リニアモーターカーも代案として浮かび上がっているが目下開発中である。これは磁気浮上の考え方が主流であり、可能な限り軽くする必要から物流には不相当である。さらには海底トンネルでの実績がない。特に塩分を含む海水の侵食等も考えると、電氣的、磁氣的に大変高度な技術を前提としたリニアモーターカーは海底トンネルには馴染まないようである。

私たちはこれまで安定的な輸送を既に展開している青函トンネルや英仏海峡トンネル等の実績を踏まえ、レールと車輪で走行する現在の海底トンネルの姿を韓日トンネルにそのまま採用することが最も適切であるとみている。日本の場合には青函トンネルに先立ち、短い距離であるが九州と本州を結ぶ関門トンネル等の海底トンネルの建設の経験が相当積まれている。青函トンネルは、在来線では貨物列車を中心に走行しているが、高速列車で結ぶために E5 系「はやぶさ」というタイプの新幹線を開発し、現在青森まで開業している。3年後には北海道に向け青函トンネルを通して走行する予定である。韓国の KTX でも海底トンネルについて検討するときには、床下機器など海底トンネル走行に向けていくつか改良が必要になるであろう。日本の新幹線と韓国の新幹線 (KTX) が相互に路線を延長する場合、双方の全ての電力の供給システムと信号方式の改善が必要となる。

貨物列車は既に海底トンネルを多く利用している。機関車牽引によるコンテナ列車が想定されるが、軌間ゲージの課題を克服しなければならない。日本は狭軌 1067mm で、韓日トンネルは韓国と同様に標準軌道 1435mm を考える関係上、軌間の調整が課題である。これについては台車の交換や積み替え等のいろいろな研究が要る。いずれにせよ既存の列車運行システムと将来の研究に準拠して対応して行かなければならない。

韓日トンネルの効果は無窮無尽蔵

韓日トンネルを進めるためには、まず、始発駅、終着駅の機能が非常に重要である。韓日トンネルの場合、人口や都市機能の集中から、日本側は博多、韓国側は釜山に駅をつくる可能性が高い。重要なこ



韓日トンネルルートのパノラマ図

とはその後背地である。日本は関西と大阪までの人口並びに産業、韓国ではソウルまで含めた人口、および産業のバックアップがあって成立が可能になると考えられる。そのため博多・釜山両駅からの始発列車が運行可能なホームを用意することが重要である。始発列車の出発ホームが必要となり、同時に後背地から直通で目的地に進む直通列車が運行可能なホームが必要である。

例えば、大阪～釜山、あるいは大阪～ソウル行き、ソウル～博多あるいはソウル～大阪行き、といった列車が運行されなければならない。

そういう意味で博多・釜山駅の改良が同時に必要となる。因みに博多の新駅は、駅ビルの中に一体的に新幹線のホームが組み込まれおり、ホーム並びに通過ホームが両方備えられた配線方式である。開業して一年になるが、直通列車の利用度が非常に大きく、これまで飛行機で関西方面から熊本あるいは鹿児島に飛んでいたお客様の大部分が博多経由の列車にシフトするという現象が起こっている。JR九州が大変な恩恵を受けている。韓日トンネルができれば、そのようなことが可能になる。相当数のお客様が航空機から新幹線に移転し、旅客需要が増えるとみている。

始発駅だけではなく途中駅の機能も重要である。日本側では唐津、壱岐、対馬がそれぞれの機能をもっている。これまで船舶や飛行機を利用していたお客様が新幹線で移動すれば、これらの駅が非常に大きな輸送能力を十分発揮する可能性がある。そういう意味で途中駅の存在がこれから急浮上するため、駅舎ならびに広場、付属する輸送機関、鉄道、道路等も開発しなければならない。

物流基地は福岡には既に 1300 トン、鳥栖にもそれを補完する物流基地がある。それらを拡充強化し、新駅を設定する検討を進めているが、韓国でも江西地区の都市計画の進展等を踏まえ、在来駅の改善と共に新駅の展開も検討する必要がある。

さらに重要なことはシャトル基地の準備である。英仏海峡トンネルの場合、自動車が大変重要なお客様である。トレーラー、バス、乗用車など各種の自動車をシャトルトレインに収容し、逐次それを輸送するには相当広大な面積を要する。したがって旅客基地とは分離した形で用意しなければならない。待避線並びに乗換え線、入管その他の国内手続き処理などを含め、できるだけ近くに高速道路のアクセスを用意し、高速道路との接触を便利にする必要がある。そのためには相当広い用地が必要となる。英仏海峡トンネルの場合はフランスに約 650 ヘクタール、イギリスに約 160 ヘクタールほどの広大なヤードが用意されているのは知っての通りである。

最初に指摘したように、私たちがこれから提案するプランは、実行可能な具体案でなければならない。これが重要なポイントである。夢から現実へ、ビジョンからプランへ、そして実際の実地設計という形に進めて行くことが非常に重要である。これによって両国の国民は、「なるほど。こうすればできるのか。これならすぐやったらできそうだ」という信頼感を持つことができる。

韓日トンネルのルートの一元化と設計条件

実行可能なプランを作ることが大きな課題である。これについての取り組みとして、第一がルートの

一本化である。これまで日本の日韓トンネル研究会は唐津、壱岐、対馬まではだいたいひとつの案に整理した。対馬から韓国側に至る案はA,B,Cの3案を提案した。A案は対馬の下島からほぼ直線的に韓国の巨済島に至るルートで、3案の中では最短距離である。B案はそれを少し北に振り、対馬の上島の南部から巨済島に至るルートである。C案は対馬を北上して対馬の北端からまっすぐ釜山に直行するルートである。このA,B,C3案を提案して十数年間検討を重ねながら、私たちは3案のそれぞれの問題点を調べてきた。現地を踏査し韓国側の意見も聞いた。

まずA案は下島の地形の関係で、どうしても対馬駅が地下駅となることが提起された。そのような理由で、A案はやや問題ある。C案は、海が次第に深くなり230m程度までの水深が想定される問題と共に、釜山に上陸した場合、大きなヤードのシャトル駅、あるいは施工基地の適地がないことからC案はむずかしい。特に海が深いという点は大変厳しい課題であり、これについてはどうしても選択が容易くない。結局、B案が残り、地上駅が可能で、水深も約160mで、ほぼ同じ深さで通過できる。

したがって3案の中ではB案を修正して活用することが最も現実的であると判断している。それに注目すると、まず海底を通過する距離がA案に比べて短く、水深も160m程度と比較的浅く安全である。地上基地での動力、材料、ずりの処理その他を考えると、相当広大な地上基地が必要になるが、その点でも可能性がある。同時にその跡地には駅を設置できるという二重のメリットがある。対馬の下島から上島に至るルートは、対馬の東側近くを通る場合、飛行場の近くの万関瀬戸あたりに橋梁を架ければ工事也相当容易く進められるという大きなメリットがある。現在、私たちはこの修正Bルートを暫定的に選定し、これから韓国側と相談しながらルート的一本化を実現したい。

韓国の釜山市当局は江西地区をスタートして加徳島を経由し、対馬に至るルートを提案している。この地域は両国の国境であり、地形、地質、断層、湧水等の詳細な調査がまだ十分できていない。韓国と共同調査を行い、共通のデータに基づき最適ルートを最終的に確定することがよい。私たちの事前の調査では、この修正Bルートが最も適切とみて提案した。それについてはこれから両国の技術者を中心に合意の過程を経て一元化を実現したい。

その平面形を考える上で重要なことは、将来の速度を規制する曲線半径である。半径6000m以上というのは、将来、時速300km、350km程度的高速列車が走行するのに十分な緩いカーブを想定したものである。それはロケーション上、十分に実行可能だとみている。もう一つ重要なことはルートの縦断線形プロフィールをどう実現するかである。まず、唐津から始まり、壱岐、対馬、巨済島、それに江西地区並びに最後は釜山となるが、途中の島を利用して島伝いに進むという形をとっている。可能な限り「海底距離が短く、浅いところ」を選ぶ。大局的な見地から勾配の選定も重要であるが、決定的な要素として全て地上駅にすることがどうしても必要となる。

基本土被りは100mとしてルートを選択すべき

施工段階では動力基地、材料置場、ずり出し、場合によっては泥水加圧工法になると相当大きなずり処理のヤードが必要となる。勿論、人員の出入りも必要である。施工段階の基地は地上が望ましい。併せて斜坑や立坑の設置は目的に応じて作ればよい。基本的に基地は地上に作らなければならない。完成すればそれが駅になり、待避線あるいはシャトルの乗り換え基地、貨物の積み下ろし基地などに活用されるので、それを見据えた余裕のある敷地面積を確保しなければならない。

縦断形を設定するとき重要なことは海底ルートからの土被りである。土被りとは海の底からトンネルまでの距離あるいは高さで、日本では「被り」と呼んでいる。これについては基本100mを堅持した

い。100m という数字は青函トンネルの工事をした結果から得た数値である。海水浸透圧への対応、あるいは山岳工法の可能性、その他トンネルの保護のためにも必要で採用した。実際にいろいろやった結果、適切であったという評価が出ている。基本土被り 100m をとり、部分的にそれが確保できない場合には注入工法などの補助工法を利用して掘り進むこともできる。基本土被り 100m でルートを設定し、主勾配も青函トンネルの 12%、英仏海峡トンネルの 15%を念頭に置いて、今後、詳細な決定をしなければならない。

もうひとつ重要な課題はサービストンネルと水抜きトンネルである。現在考えている設計断面は単線並列型である。これは単線を二つ並べ、その中央に先進導坑という地質確認のための小さなトンネルと、将来トンネルの維持管理あるいは異常時の避難通路、換気のための空気供給などを行うサービストンネルを配置するものである。サービストンネルは必須であり、それと本坑をつなぐ連絡坑の役割を果たすことになる。英仏海峡トンネルでは列車長につき必ず一箇所以上の連絡通路がある。そこまで考慮するかはこれからの研究課題である。

青函トンネルの場合は W 字型の水抜きトンネルを独立して配置し、水を全てそこで処理し、龍飛と吉岡の斜坑底にポンプ設備をつくり、湧水を地上に揚げている。しかし韓日トンネルの場合、延長が非常に長く、地質的にも厳しく、水を基本的には出さないようにしなければならない。従って排水設備がどの程度必要になるかが設計施工上の最大の課題となる。水の出ないトンネルをいかにして構築して行くかが今後の技術開発の焦点になる。これは施工の安全と維持管理のコスト低減、トンネルの寿命にも直結する。この問題を解決するために両国合同で水底海底トンネルのあり方についての設計施工上の研究が必要となる。

出来上がったトンネルは防災上の配慮が非常に重要で、列車火災や地震対策、津波が来たとき、どのように対応するかが大きな問題である。日韓トンネルを安全、快適に利用するための設備並びにそれを利活用するマニュアル等について更なる研究が必要である。

トンネルの形態は単線並列が最も合理的

トンネルの断面を単線並列とするか複線トンネルにするかを定めねばならない。それは施工の難易度やトンネルの強度にも関わる。施工の難易度を考えれば単線並列の方が易しいが、反面、2本掘るリスクがある。青函トンネルの複線断面と、英仏海峡トンネルの単線並列のどちらが良いかは議論の大きな課題である。韓日トンネルが長大トンネルであり、将来の維持管理を考えると単線並列がよい。私たちは単線並列型とし、中央にサービストンネルのある英仏海峡トンネル方式の採用が最も合理的だろうと考える。サービストンネルは施工段階で利用可能であると同時に、完成後の維持管理と避難誘導用の非常通路、給排気等に利用できる。

先程も指摘したが、水抜きトンネルとその具体的なデザインが重要である。青函トンネルの場合、坑内湧水量はおおよそ 40 m³/分程度と想定したが、実際は 20 m³/分程度で落ち着いているが、まだ相当な水を揚げなければならぬ。山岳工法での施工のため、ある程度はやむを得ないが、湧水はメンテナンス費用に大きく影響するので、基本的には水を出さない施工法、また、水を出さないセグメントを開発しなければならない。断面積は必要最小限の建築限界であるが、将来、二次覆工、三次覆工する可能性もある。それを考慮してやや大きめに作り、維持管理に備えることが重要である。

防水は、これまでもいろいろな研究案が出ているが、セグメントの水密性を確保することが大切である。また周辺の注入ならびに先進ボーリングが可能なマシンにしておくことが重要である。後追い注入

により湧水を止めることができるセグメントを使用すべきである。そういう意味で、水圧に対し十分な耐力のある構造とすることが重要である。水深による力だけではなく、海面からの海水圧ならびに土圧にも十分に耐えられるセグメントでなければならない。

掘削は英仏海峡トンネルのようなシールド TBM が有望

海底トンネルの施工方法として、NATM (New Austrian Tunneling Method) 工法、シールド TBM (Tunnel Boring Machine) 工法、沈理工法等がある。それ等全ての工法について現地および文献調査などを重ねてきた結果、韓日トンネルが長大トンネルであり、相当な硬岩であることから英仏海峡トンネルを施工したシールド TBM を改良して利用するのが最も有望なようである。英仏海峡トンネルのケースでは、11 台の TBM が使われたが、そのうち 6 台は日本の製品であると聞いている。TBM を使う場合には、岩石の種類を把握することが重要である。

日本側の出入り口である壱岐の勝本層の露頭には相当見事な砂岩頁岩の互層がある。また花崗岩が一部貫入している露頭もある。これらの現場を勘案し硬岩の掘削が容易にできるマシンを開発することが重要である。同時にこのマシンには海底の地層を掘削する関係で 200m 程度までの水深と土被り 100m を合わせた 300 トン/m²位の水圧が掛かると予想されるので、その水圧に抵抗できるだけの水密性が必要である。これまでの実験結果では 200 トン/m²位までは大丈夫と言われているが、新しいマシンのフェイス (前面) を考え、万一の事態に対応する方法も考えなければならない。まず試験マシンを開発し、十分にこなせるかどうか研究しなければならない。

長距離掘進の可能性はこれまでスイスのゴッタルドベーストンネル (57km) と現在施工中のマレーシアの導水トンネル (45km) が硬岩用の TBM により順調に掘進されている調査報告がある。これらは全て山岳トンネルであるが、水圧のかかる海底で利用できるかを調べる必要がある。当然、泥水加圧工法等も併せ含めて考えなければならない。同時に硬岩のためビットの交換が頻繁に発生することから、ビットを適切に取り替えることが重要である。少なくとも一台の TBM で 10km ないし 15km 程度は押し抜いて行く必要がある。途中でもし TBM が立ち往生すると、そのときは機械全体を取り替えなければならないという問題も出てくる。単線並列の場合、交差する部分は NATM で掘削して空間を作り、そこで TBM の取替が可能と想定している。泥水加圧工法の場合には、水密性の確保と突然起こる断層や湧水対策を検討しなければならない。切り羽注入や補助的工法の注入との併用が可能な TBM が検討課題となってくる。

トンネル掘削に 10 兆円…政府、民間で分担すべき

次の大きな課題は財源の算定である。韓日トンネルは、一部では天文学的な工事費を要するという話が出ている。現在の韓日両国の国力や経済力では手に余るという風評もある。しかし、新幹線トンネルや英仏海峡トンネルなどの海底トンネル建設からみて天文学的な数字ではないとみている。いずれにせよ具体的に資金規模と調達方法が出て来なければならない。

工事費の算出のため、まず必要なことはルートを選定である。設計ではサービストンネルの必要性とその配置により断面設計が変わる。施工法により工事費は大きく左右されるためである。それと共に各種実績を勘案して工事費の積算見積を出さねばならない。水抜きシステムの準備などに基づき、私たちはトータル 270km を掘るため約 10 兆円と予想している。この数字は今後の調査並びに設計により変わるので内容をより精査し、それを具体化する作業が必要である。この問題はある程度の目処がついて議

論が可能となるが、私たちはとりあえず基本財源を 10 兆円、工事期間を 10 年程度と置いて計画を進めている。

このような大規模工事は、一私企業とか民間の力だけでは十分ではなく、両国政府次元の意思表示が要請される。英仏海峡トンネルの場合はフランスのミッテランと英国のサッチャー首脳のカンタベリー合意以降に一気に進捗したという実績がある。韓日トンネルもやはり両国首脳と政府が合意し、保証をつけなければならない。併せて両国の国会での議決も得る必要がある。

もうひとつ大事なことは出来上がってからの維持費である。維持費については最後に言うが、維持費は費用対効果、経済的妥当性等を左右する重要なポイントとなる。可能な限り維持管理費を安くする方法を編み出さなければならない。両方全てを維持するための点検システムを毎日、月単位、年単位でそれぞれどうするか日々の業務を決め、そのコストを算出しなければならない。

次は財源の準備である。英仏海峡トンネルは世界的に民間の資金を募りスタートした。しかし工事費用の増加、輸送量の変動、連絡船あるいは航空機との競争があり、民間資金だけでは運営が不可能であった。結局 53%の債権放棄を経て新会社を再発足させ、現在は順調に運営されている。それを教訓として私たちは韓日トンネルを基本的に韓日両国の公共事業として位置づけ、その財源も双方からの支援が必要だと考える。具体的にはトンネルを建設するための建設国債を発行し、償還期間も 60 年程度と十分にとっておかなければならない。国債ならびに地方債を長期低利な債券で作ったらどうか。併せてヤード周辺の地価の向上も考慮して開発利益を還元する方法もある。この方法はアメリカのロサンゼルス地下鉄建設のときに、駅周辺の何マイル以内についての資金供出を検討し採用されたケースがある。

建設の費用について税収を考えることも一つの課題である。基本的にはこのルートを使うことによって利益を得る事業者と利用者から利用料金を頂かねばならない。これは資金調達方法の重要な形態ではあるが、長期的に回収する方法を考え、できるだけ公共の負担を最大限軽減しなければならない。

韓日トンネルは日本の復元力増強に大きな効果

このような大規模な公共事業を近い将来行うのは難しいのではないか、という識者からの指摘がある。東日本大震災の復興需要のためである。東日本大震災の復興事業には様々な案があるが、少なくとも 20 兆円の復興費を目標に財源の調達を考えている。

私たちは日本の持つ強靱さと復元力の向上が必要と考えている。ひとつの災害で国の経済が左右されてはいけない。日本国内のインフラには代替機能あるいは復元力が必要であり、減災というが、減災が可能となるようにインフラ全般を強化しなければならない。むしろ現在進行中の復興需要が進捗したあとに来る転換課題のひとつとして、日本の強靱さと復元力を向上させるためにも韓日トンネルプロジェクトは大変効果があると考えている。トンネルは地震に対して非常に強い。

その面からも国債を中心とした資金調達を基本とし、国際的な資金財団等の支援も受けながら、長期低利のマネープランでプロジェクトを形成して行く必要がある。これは今後の大きな課題であり、各界の専門家の助言も受けながら研究して行きたい。いずれにせよ驚くほどの金額ではない。10 年で 10 兆円となれば、両国合わせて 1 兆円程度の工事費を捻出することは日本と韓国の国内総生産（GDP）と、国民総生産（GNP）を考えれば十分可能である。日本の自民党は最近、次期衆議院（下院）選挙公約の改定案を発表し、大地震の復興に関連し 10 年間で総 200 兆円を集中投資する内容の国土強靱化基本法を作ると主張した。

韓日トンネルを実現するには、建設は公的な主体に任せ、維持管理あるいは運営は民間の力を活用す

る上下分離方式が最も適切ではないか。上下分離方式はすでに各分野で実績が出ている。日本では、青函トンネルが建設段階は財政投融资の借入金で進められたが、国鉄改革により建設費は基本的に公共が肩代わりし、通常の管理部分は JR グループが行っている。高額な維持管理費、例えばポンプの取替には国が3分の2を補助するかたちで上下分離の建設並びに維持管理のシステムを確立した。

韓日トンネルの駅周辺開発も魅力的

整備新幹線では総延長 1500km のうち、すでに半分ほどが完成しており、現在、北海道と北陸、長崎県等の3方向に向かって工事が進められている。整備新幹線の基本方針は、建設の費用を国が3分の2、地方が3分の1、そして特殊財源、特別財源などもいくつかの基金が負担するようになっている。そうして建設段階では利用者である JR グループに負担が掛からないようにしている。

また、完成後、そこから上がる収益収入に従い、受益の範囲の利用料を一定期間支払う形で現在進捗している。輸送量の多いところと少ないところを併せて採算可能な形になっている。北海道、東北、北陸、九州では鹿児島、長崎など5つの整備新幹線が全て収支採算の見込みが立ち、民営化し改革された JR グループの最大の安定財源として機能している。本州3社は既に民営化されているが、今回開通した九州新幹線の鹿児島ルートでは、熊本と鹿児島のお客様が航空機から大幅に移転し、九州 JR は鉄道収支として黒字になった。数年以内に株式上場が可能ではないか、として長期ビジョンの中にこれを組み込むことも行われている。

併せてターミナルの改装も大変良く行われている。博多駅は「大変楽しいコンセプト」でデザインされており、駅と言うよりは、ひとつのシティーという考え方で建設運営されている。関係者は是非機会を見て立ち寄ってみると良い。その始終点としては大阪駅が面目を一新しており、大阪の新駅、博多の新駅が内容的には最も近代化された新しい駅のあり方をアピールしている。そして現在、東京駅が昔の赤い壁の姿に戻った。東京駅に来た際は新たに誕生した東京駅を見られると思う。

日本では整備新幹線の経済的妥当性がいつも話題になる。経済的妥当性は建設に要する費用で将来発生する便益を割るいわゆる費用対便益 (B/C) の比率で議論される。それが1を超えれば経済的妥当性があり、1を超えなければ経済的妥当性がないと評価する。韓日トンネルについて、すでに韓国の政府機関が検討したと聞いたが、まだその詳細な内容を知らない。B/C は、建設費用と将来発生する一定期間の維持管理費で事業者便益である B1 と利用者便益である B2 を割ったものが1を超えるか超えないか、要するに元が取れるかどうかを議論するものである。韓国政府の試算では十分ではないということで、韓国の関係者に会うと「韓日トンネルは非常に楽しいプロジェクトだが経済的妥当性はないようだ」と言う方がいる。

しかし私たちはその意見には同意していない。例えば青函トンネルの場合は経済的妥当性があって作ったのではない。1954年の台風マリーにより1300人以上が犠牲になった「洞爺丸沈没事件」がこれ以上再発しないよう安全性を確保するために建設された。そしてそれは現在、その真価を發揮している。

韓日トンネルの最大のメリットは両国国民の幸福度の向上

従って利用者と事業者の便益だけでなく、国民の便益、社会の便益等を加味したものを作らなければならないと考えている。それを D という指数にまとめれば、収支採算に大きな意味で加算されると考えられる。D の内容は、第一にセーフティーとスタビリティ、すなわち安全で安定した輸送が可能になることである。事故の発生率や台風等による欠航率を考えてセーフティーエレメントを考えてみた。

次に、一日行動圏が増加し行動範囲が拡大することで、いわゆるアクティブエリアが、まずはトンネルの両側に住む皆様は倍増するとみられる。距離が増えると低減するが、行動圏の拡大をひとつの指数として係数化し加えても良いのではないかというものである。

最終的に重要なことは、韓日トンネルにより日本と韓国は海と空だけではなく陸続きになるという代替性と余裕ができることである。これはリダンダンシーと言うが、このリダンダンシーが5割増になると予想される。そのことで日本と韓国の経済は弾性的で強靱かつ復元力を持つようになる。この3要件、安全性(S)、行動圏(A)、代替性(R)を加味したDという発展性を計量化・係数化して加えることで収支採算性が十分に成り立つと言える。私たちは韓日トンネルが韓日両国の将来に確信を与え、役に立つトンネルであると考えている。これについては今後さらに調査研究する必要がある。

さらに付言すると、これまでGDPやGNPというモノとカネで計算した国力に加え、人間の活動性、将来の幸せを表す「幸福度」を計量化したグロス・ナショナル・ハピネス (GNH, Gross National Happiness)が重要であると考えている。持続可能な国力の判定基準としてHという要素を勘案し、私たちは国土づくりを進めなければならない。韓日トンネルの最大のメリットは、韓日両国が相互に大きな幸福度の増加を期待できることである。その意味で私たちは経済的妥当性を計る費用対効果という、これまでの計算では満足できない。これを一層さらに発展的に展開し、大型プロジェクトに対する評価法の確立も併せて研究されるべきだと考えている。

玄界の灘越え、幸の・・・いざ、トンネルを掘ろう

最後に重要なことがもうひとつある。このような大型プロジェクトは単なる経済、人、モノ、カネの問題を越え、韓日両国の国民あるいは世界平和のために大変役立つという強い意思表示が必要だということである。それを両国の関係者が共有することを是非とも願う。強い意志があつてこそ、試練と障害を克服し、成功に至ることができるからである。

「玄界の灘越え、幸の通い合う、いざ貫かむ、この隧道を」

筆者は5,7,5/7,7 韻律詩である短歌で表現した。この短歌で大切なところは「幸の通い合う、ハピネスの通い合う」という句節で、筆者はここに「韓日トンネルを掘ろう」という部分を加え、強い決意を表した。

本稿は、大韓民国の世界平和トンネル財団が2012年7月1日に発行した「PEACE TUNNEL magazine 通巻10号」のPP.14-21を翻訳したものである

訳責：特定非営利活動法人日韓トンネル研究会 事務局