

## 인천-개성(공단)간 바가지 항로의 타당성 조사

이승희\* · 이영길\* · 김상현\* · 최정철\*\*

\*인하대학교 기계공학부 선박해양공학과 교수, \*\*(주)신화컨설팅 대표

### A feasibility study on barge transportation system between Incheon and Gaesung

Seung-Hee. Lee\* · Young-Gill. Lee\* · Sang-Hyun. Kim\* · Jeong-Chul. Choi\*\*

\* Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

\*\* SHINWHA Consulting CO., LTD, 1129-22, Guwol-dong, Namdong-gu, Incheon 405-835, Korea

**요 약** : 최근 남북한 경제교류 증대, 개성공단의 급속한 발전 등에 따라 남북한 물류도 급속히 증가하고 있어 기존의 육상 수송뿐만이 아니라 다양한 형태의 수송로 확보가 필요한 실정이다. 한편 유럽 및 미국 등에서는 항만 및 적하역 시설의 이용이 용이하며 초기 투자비용이 저렴한 바가지시스템이 화물 수송에 널리 이용되고 있다. 본 연구에서는 먼저 바가지시스템을 활용한 인천-개성(공단) 항로의 사회적, 경제적 타당성에 대하여 검토한다. 또한 인천-개성(공단)간 바가지 후보 항로를 제시하고 시험운항, 실험역 조사 및 현장 답사 등을 통하여 바가지 운항에 대한 기술적 타당성을 검토한다. 마지막으로 인천-개성(공단)간의 최적 항로와 바가지시스템을 제안한다.

**핵심용어** : 바가지, 바가지운송시스템, 근해운송, 인천-개성(공단) 항로, 남북한 해상물류

**ABSTRACT** : Recently, a logistics between south and north Korea is rising rapidly by increasing of economical exchange between two Korea and growth of Gaeseoung Industrial Complex. Considering this trend of economic cooperation between two Korea, in addition to a land transportation route it is necessary to secure various logistics and transportation route. A barge transport system which has merits such as a little initial investment and convenience of harbor loading/unloading has been also used to transport freight widely in the EU and USA.

In this paper, firstly, a social and economical feasibility study is performed about a shipping route which is using barge transportation system between Incheon and Gaesung. And also we propose several candidate shipping route and investigate a technical feasibility on a realistic possibility of shipping service by some investigation activities. Finally, the optimized shipping route and barge transportation system are proposed in this paper.

**KEY WORDS** : barge, barge transport system, short sea shipping, shipping route between Incheon-Gaesung, maritime logistics between south and north Korea

### 1. 서 론

대표적인 남북한 경제협력사업인 개성경제특구는 800만평의 공단과 1,200만평의 배후도시 개발을 목표로 추진되고 있으며 이미 2004년에 2만8천 평의 시범단지가 조성되었으며 개성공단 개발이 완료되면 2,000개의 업체가 입주하여 고용인원 25만명, 연간 생산액 200억불에 달할 것으로 예측된다. 이와 같은 개성

공단의 성장에 따라 인천→개성 간은 건설자재와 생산 원자재 등이, 개성→인천 구간에는 완제품 및 반제품 등의 수송수요가 급증할 것으로 예상된다. (대한상공회의소(2005), 통일부(2005c), 통일부(2005d))

한편 인천항은 서해안 항로의 거점으로 이미 남·북 간 임가공 상품 수송의 중심 항만으로 대두되고 있어 앞으로 개성공단이 본격적으로 가동되면 인천항을 이용한 북한 생산제품의 수송 및 중국, 동남아 등지로의 수출이 증대할 것으로 예상되고 있

\*교신저자 :김상현(회원), kimsh@inha.ac.kr 032)860-7344

다. 그러나 북한의 열악한 항만 및 철도 인프라 등으로 인하여 인천과 개성(공단)간의 화물 수송은 트럭을 이용한 도로 수송에만 의존하고 있어 향후의 급속한 수송 물량 증대에 효율적으로 대응하기 위해서는 다양한 수송 체계의 구축이 필요한 실정이다. (인천광역시(2005), 한국무역진흥공사(2006), 해양수산부(2004))

본 연구에서는 유럽 및 미국 등에서 많이 이용되고 있으며 항만 및 적하역 시설 등의 제약을 적게 받으며 초기 투자비용이 저렴한 바야지시스템을 활용한 해상수송체계를 제안하고 그 타당성에 대하여 검토한다. 또한 인천-개성(공단)간 바야지 해상수송로의 후보 항로를 제안하고 시험운항, 실험역 조사 및 현장답사 등을 통한 바야지 운항에 대한 기술적 타당성을 검토하여 적합 항로와 바야지시스템을 제안한다.

## 2. 개성공단과 물동량 예측

### 2.1 남북한 경제협력 현황

2005년도 남북교역은 1조원(10.5억달러)으로 전년대비 51.5% 증가하였으며 한국은 중국(17억달러)에 이어 제2의 교역국으로 북한 무역액(40억달러)의 약 25%를 차지하고 있다. 2005년 남북교역액의 내역을 살펴보면 반입액은 340,281천달러로 전년 258,038천달러 대비 31.8% 증가하였으며 반출액은 715,473천달러로 전년 439,001천달러 대비 62.9% 증가하였다. 주요 반입품목은 ①섬유류(35.4%) ②농림수산물(33.1%) ③철강·금속제품(13%)등이며, 전년대비 각각 25.5%, 10.6%, 12.6% 증가하였으며 주요 반출 품목은 ①화학공업제품(28.3%) ②섬유류(12.2%) ③농림수산물(20.2%) 등이며 화학공업제품과 농림수산물은 전년대비 각각 49%, 116.3% 증가한 반면, 섬유류는 2.6% 감소하였다. 남북교역이 증가한 요인으로는 위탁가공 교역의 증가, 개성공단 본격 건설 및 금강산 관광시설 확충, 정부 및 민간차원의 대북지원 등으로 추정된다. (삼성경제연구소(2005), 통계청(2004), 통일부(2005a), 통일부(2005b))

한편 2005년도 남북한간 선박운항은 편도기준 4,497회로 전년 2,124회에 비해 111.7% 증가하였으며 남한→북한으로의 운항은 2,228회로 전년대비 135.5% 증가, 북한→남한으로의 운항은 2,269회로 전년대비 92.6% 증가하였다. 특히 모래 수송 운항은 2,439회로 전체 운항 횟수의 54.2%를 차지하고 있다. 2005년도 남북한간 해상 물동량은 6,795,077톤으로 전년 1,108,057톤에 비해 513.2% 증가하였으며 남한→북한으로의 물동량은 946,879톤으로 전년대비 51.4% 증가하였으며 수송화물 내역은 식량차관(30만톤), 대북비료지원(32만톤), 기타 원부자재(의류, 전자부품) 및 민간지원품목 등임이다. 북한→남한으로의 물동량은 5,848,198톤으로 전년대비 1,111.1% 증가하였으며 수송화물 중에서 북한산 모래가 전체 물동량의 94.3%를 차지하고 있다. (해양수산부 2005)

### 2.2 개성공단 현황

개성공단은 서울에서 북쪽으로 약 60km 떨어진 황해북도 개성시 및 판문군 일대에 2002년부터 2012년까지 사업비 62.5억 불을 투자하여 3단계에 걸쳐 단계적으로 조성될 계획이다. 1단계 개발계획(2002년 ~ 2007년)에서는 노동집약적 중소기업공단을 조성할 계획이며 2004년에 시범단지 2.8만평이 조성되어 국내 업체의 입주가 시작하였다. 2단계 개발계획(2006년~2009년)에서는 수도권과 연계된 기술집약적 산업단지로 개발하여 세계적인 수출기지로 조성할 계획이다. 3단계 개발계획(2008년~2012년)에서는 다국적기업 유치, 동북아 경제거점 육성 등을 통하여 중화학공업과 첨단산업설비 분야의 복합공업단지로 조성할 계획이다. 3단계 조성사업이 끝나는 2012년에는 공단 부지 800만평, 배후도시 1,200만평, 입주업체 2,000개, 고용인구 25만명, 생산액 200억불/년을 예측하고 있다. (한국수출입은행(2005), 현대아산(2005), 한국무역진흥공사(2006))

2006.1 현재 시범단지에는 11개 국내 업체가 개성 공단내에 공장을 가동 중이며 4개 업체가 가동 준비 또는 공장 신축 중이며 북쪽 근로자는 약 4,200명에 이르고 있다. 그러나 아직 자유로운 통행, 통신, 통관이 제한되고 있으며 개성공단 제조 제품의 원산지 문제와 북한산 제품에 대한 무역체제, 전략물자 반출제한규정으로 인한 생산 설비 및 가동에 필요한 부품(전자 및 정밀 부품)의 대북 반출 제약, 6자회담, 한미 FTA 등이 향후 개성공단의 사업 진행의 변수로 작용할 것으로 예상된다.

표 1 개성공단 개발 계획

| 구분      | 1단계             | 2단계       | 3단계           | 확장구역  | 개성시가지 | 계       |
|---------|-----------------|-----------|---------------|-------|-------|---------|
| 면적(만평)  | 100<br>(시범 2.8) | 150       | 350           | 200   | -     | 800     |
| 배후도시    | -               | 100       | 200           | 500   | 400   | 1,200   |
| 개발일정    | 2002~2007       | 2006~2009 | 2008~2012     | 추후 협의 | 추후 협의 | -       |
| 업체수(개)  | 300             | 700       | 1000          |       |       | 1,200   |
| 고용인원(명) | 70,000          | 130,000   | 150,000       |       |       | 350,000 |
| 주요 기업   | 노동집약적 기업        | 기술집약적 기업  | 중화학공업 산업설비 업종 |       |       |         |

자료 : 통일부, 2005 남북교류협력 추진실적(종합), 2005.12

### 2.3 개성공단 물동량 예측

#### 개성공단 반출입 물동량

2005년도 남한에서 개성공단으로 반출된 반출 물동량의 총중량은 173,379톤이며, 금액은 156,943천달러이며 반출된 품목을 중량기준으로 광산물 61.7%, 철강금속제품 20.1%, 화학공업제품 9.1% 순서로 연탄 등 연료와 공장건설용 자재가 주종을 이

르고 있다. 2005년도 개성공단으로부터 남한에 반입된 반입 물동량의 총중량은 3,258톤이며, 금액은 19,794천달러이며 반입된 품목은 중량기준으로 기계류 42.3%, 철강금속제품 26.5%, 플라스틱고무 및 가죽제품 11.0%순입. 즉, 2.8만평의 시범단지만이 가동 중이므로 전체 규모는 작으나, 부품생산기지로 정착하고 있다. (인천광역시(2006))

2005년도 개성공단 반출물동량과 개성공단 공장개발 누적면적 기초하여 개성공단 공장가동용으로 추정된 반출 물동량은 2010년에 737만톤이며 개성공단개발면적에 기초하여 개성공단 건설용으로 추정된 반출 물동량은 2010년에 171만톤이며 개성공단 배후부지개발면적에 기초하여 개성공단 배후부지 건설용으로 추정된 반출 물동량은 2010년에 367만톤으로 추정되어 2010년의 개성공단 반출 총 물동량은 1,275만톤으로 추정된다. 한편 2005년도 개성공단 반입물동량과 개성공단 공장개발 누적면적으로 추정된 개성공단으로부터 남한으로 반입되는 물동량은 2010년에 49만톤이며 주요 반입품목으로는 기계류, 철강금속제품, 플라스틱 및 고무류, 생활용품, 전자전기제품 등이다.

#### 개성공단 반출입 해상물동량

개성공단 반출 해상물동량은 2010년 668만톤으로 추정되며 이 중에서 177만톤의 유류를 제외한 해상물동량은 약 491만톤으로 추정된다. 491만톤 중에는 공장가동용 반출 물동량이 114만톤, 공장 건설용 반출 물동량이 120만톤, 배후부지 건설용 반출 물동량이 257만톤으로 추정된다. 2007년의 반출 해상물동량을 기준으로 바지선 운항 횟수를 추정하면 유류를 제외하는 경우, 5백톤급 바지선 2개로 이루어진 1천톤급 선대로 운송할 경우에 1일 8.2회 운항하여야 하며 유류는 5백톤급 바지선 2개로 이루어진 1천톤급 선대로 운송할 경우에 2.1회 운항하여야 한다. 따라서 5백톤급 바지선 2개로 이루어진 1천톤급 선대로 총 10.3회/일 운항이 필요하다. (인천광역시(2006))

표 2 개성공단 반출 해상 물동량과 바이지 선단 운항횟수 (단위 : 톤)

|                    | 2005    | 2006      | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      |
|--------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 총 해상물동량            | 161,469 | 1,497,625 | 3,095,919 | 4,303,887 | 5,169,464 | 6,682,704 |
| 유류 물동량             | 16,900  | 211,246   | 633,739   | 1,056,232 | 1,478,725 | 1,774,469 |
| 유류를 제외한 물동량        | 144,569 | 1,286,378 | 2,462,180 | 3,247,655 | 3,690,739 | 4,908,235 |
| 1일 해상물동량 (300일 기준) | 56      | 704       | 2,112     | 3,521     | 4,929     | 5,915     |
| 1천톤급 선단 1일 소석율     | 5.6%    | 70.4%     | 211.2%    | 352.1%    | 492.9%    | 591.5%    |
| 4천톤급 선단 1일 소석율     | 1.4%    | 17.6%     | 52.8%     | 88.0%     | 123.2%    | 147.9%    |

또한 2005년도 개성공단 반입물동량의 30%를 해상물동량으로 추정하였을 경우 2010년 개성공단 반입 해상물동량은 15만톤으

로 추정된다. 2007년을 기준으로 5백톤급 바지선 2개로 이루어진 1천톤급 선대로 운송할 경우의 바지선 운항횟수를 추정하면 1일 17.5% 정도의 소석율을 나타내고 있다. 즉 남한에서 개성으로 향하는 바지선은 반출 해상물동량이 다량 발생하므로 만선으로 운항이 가능하나 남한으로 회항하는 바이지선은 반입 해상물동량이 적어서 거의 빈 배일 가능성이 높다. 따라서 개성공단 또는 접안시설 인근지역에 컨테이너박스 공장을 유치하거나 개성지역에서 발생하는 모래, 자갈 등의 반입 등을 통하여 반입 해상물동량을 증대시키는 것이 필요할 것으로 판단된다. (인천광역시(2006))

표 3 개성공단 반입 해상 물동량과 바이지 선단 운항횟수 (단위 : 톤)

|                | 2005  | 2006   | 2007   | 2008   | 2009    | 2010    |
|----------------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 총계             | 3,259 | 17,458 | 52,374 | 87,289 | 122,205 | 146,646 |
| 300일 기준 1일 물동량 |       | 58     | 175    | 291    | 407     | 489     |
| 1천톤급 선단 1일 소석율 |       | 5.8%   | 17.5%  | 29.1%  | 40.7%   | 48.9%   |

### 3. 바이지 항로의 경제적/사회적 타당성

#### 3.1 인천-개성(공단)간 바이지 항로의 경제적 타당성

인천-개성(공단)간 해상 수송로는 크게 두 가지가 있으며 제 1안 항로는 김포와 강화사이의 염하수로를 통과하는 조선시대의 뱃길을 복원하는 항로이며 제 2안 항로는 석모도와 강화도사이와 교동도와 강화도 사이를 통과하는 고려 왕건시대의 뱃길을 복원하는 항로이다. 제 1안의 염하수로를 이용하는 항로는 개성공단 건설에 필요한 철재, 목재 및 유류 등을 가장 빠르게 수송할 수 있는 특성이 있으며 석모도와 교동도 사이를 운항하는 제 2안의 항로는 제 1안에 비하여 대형 바이지 운항이 가능한 특성이 있다.

본 연구에서는 2장에서 추정된 인천-개성(공단)간 해상물동량과 바이지 선단 운항 횟수를 기초로 하여 인천-개성(공단)간 항로를 3단계 나누어서 구축하는 것을 제안한다. 제 1단계에서는 제 1안 항로에 5백톤급 바지 2척을 1선단으로 하여 1천톤급 2개 선단을 투입하고, 제 2단계에서는 제 2안 항로에 1천톤급 바지 4척을 1선단으로 하는 4천톤급 2개 선단을 투입하고, 제 3단계에서는 제 1안 항로에 1천톤급 2선단과 제 2안 항로에 2천톤급 2선단을 각각 추가하여 투입한다. 각 단계별 소요예산과 1일 물동량 처리능력은 표 4와 같다.

또한 인천-개성(공단)간 20피트 컨테이너(TEU) 1개의 운송에 필요한 육상운송운임과 해상운송운임을 비교하면 현재는 육상운송이 왕복운임을 받기 때문에 해상운송비가 육상운송비에 비

하여 매우 낮은 수준이나 향후 육상운송이 편도운임을 받을 경우에도 해상운송비는 육상운송비에 비하여 낮은 수준을 유지할 것으로 예측된다.

표 4 인천-개성(공단)간 단계별 해상 수송로 및 소요 예산

| 구분              | 1단계<br>(06~07)       | 2단계<br>(08)     | 3단계<br>(09~15)  | 계               |
|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 제 1 안<br>항로     | 5백톤급<br>바지<br>(5억원)  | 2척×2선단<br>=20억원 |                 | 2척×2선단<br>=20억원 |
|                 | 푸셔<br>(15억원)         | 2척=30억<br>원     |                 | 2척=30억원         |
|                 | 계                    | 50억원            |                 | 50억원            |
| 제 2 안<br>항로     | 1천톤급<br>바지<br>(10억원) |                 | 4척×2선단<br>=80억원 | 4척×2선단<br>=80억원 |
|                 | 푸셔<br>(30억원)         |                 | 2척,<br>60억원     | 2척,<br>60억원     |
|                 | 계                    |                 | 140억원           | 140억원           |
| 합계              | 50억원                 | 140억원           | 190억원           | 380억원           |
| 1일물동량<br>신규처리능력 | 2천톤                  | 8천톤             | 10천톤            |                 |
| 1일물동량<br>총처리능력  | 2천톤                  | 10천톤            | 20천톤            |                 |

한편 추정된 반출해상물동량과 반입해상물동량을 모두 해상수송로로 처리한다고 가정하여 사업초기 단계인 2007년까지는 TEU당 운송비용을 400,000원, 사업 정상화 이후인 2008년부터는 TEU당 운송비용을 150,000원으로 가정하면 2010년까지 약 3,102억원이 절감되는 것으로 추정된다. 따라서 개성공단의 원가절감을 통한 경쟁력 강화를 위해서도 인천-개성(공단)간 해상수송로는 조속히 개설될 필요가 있는 것으로 판단된다.

표 5 인천-개성(공단)간 컨테이너(1TEU) 운송비 비교  
(단위 : 원)

| 운송방법       | 세부항목                   | 사업<br>초기 | 정상<br>운영 |
|------------|------------------------|----------|----------|
| 육상운송       | 인천-개성공단간<br>육상운송비      | 800,000  | 400,000  |
|            | 개풍군 선착장-개성공단간<br>육상운송비 | 100,000  | 50,000   |
| 해상운송       | 개풍군 선착장 하역비            | 100,000  | 50,000   |
|            | 개풍군 선착장-인천항<br>해상운송비   | 200,000  | 150,000  |
|            | 계                      | 400,000  | 250,000  |
| 해상운송시 절감비용 |                        | 400,000  | 150,000  |

### 3.3 인천-개성(공단)간 바아지 항로의 사회적 타당성

인천-개성(공단)간 해상수송로 중에서 염하수송로를 운항하는 제 1안의 항로는 조선시대에 주로 활용하던 항로이며 석모도와 강화도 사이, 교동도와 강화도 사이를 운항하는 제 2안 항로는 고려 왕건시대부터 활용하던 항로로서 역사적 타당성이 있다고 할 수 있다.

한편 연안을 통한 해상운송은 도로운송에 비하여 수송비용도 적게 들 뿐만 아니라 이산화탄소 등 대기오염물질 배출 저감, 에너지 절감, 교통체증 완화 등으로 인한 환경 비용의 저감도 기대되는 친환경적인 수송시스템으로 사회적인 공감대 형성이 용이하다. 또한 개성공단 반출입 물동량이 급속히 증가할 것으로 예상되어 이에 대비하여 다양한 운송경로의 확보가 필요하며 이러한 경우 가까운 시기에 실현 가능한 유력한 운송경로가 인천-개성(공단)간 해상수송로이다. 남북한사이에 가장 첨예한 지역인 한강하구에 해상수송로를 확보하게 되면 서해안 지역에서 남북한사이의 긴장완화에 획기적인 전기를 마련한다는 사회적 타당성도 있다.

그러나 환경단체 등이 한강하구 보존을 목적으로 인천-개성(공단)간 해상수송로 복원사업에 대하여 반대할 가능성이 있어 이에 대한 충분한 토의가 필요하며 인천-개성(공단)간 항로에 위치한 어장에 대한 어업권 보상 문제도 해결하여야 한다는 문제가 있다.

## 4. 바아지 항로의 기술적 타당성

### 4.1 바아지 후보 항로와 운항 환경

#### 바아지 후보 항로

인천-개성(공단)간 항로의 인천지역 기종점을 북항과 남항 및 인천국제공항 삼목도 선착장의 세 곳으로 정하고 개성지역 기종점을 개풍군 남단으로 정하여 인천-개성(공단)간 후보 항로를 선정하였다. 개성지역의 기종점을 개풍군 남단을 선택한 이유는 해창리 앞바다의 수심(약 4.7m~10.6m)이 양호하였으며 물류 단지 조성이 가능한 배후지를 갖추고 있는 것으로 판단되었기 때문이다. (조선과학백과사전출판사(2004))

삼목도 선착장은 개성공단에서 발생하는 화물 중에서 인천공항을 이용한 Sea-Air 환적화물의 수송을 위하여 포함하였으며 또한 인천-개성(공단)간 후보 항로로서 강화곶별 남쪽 해역(강화도와 신도/시도/장봉도 사이 해역)을 활용하는 것도 생각할 수 있으나 본 연구과제에서는 강화곶별 남쪽 해역을 이용한 해상수송로는 고려하지 않았다.

주요 후보 항로의 경유지, 항해거리 및 운항 소요시간(운항속도 6.5노트 기준)은 아래와 같다. 인천 북항과 개풍군 남단을 연결

하는 항로의 운항 거리가 37.8km로 가장 짧은 항로이며 장봉도 서쪽 해역, 석모수도 및 청주초 남쪽 해역을 활용하여 인천 북항 또는 남항과 개풍군 남단을 연결하는 항로가 101.5~103.0km로 가장 긴 항로이다.

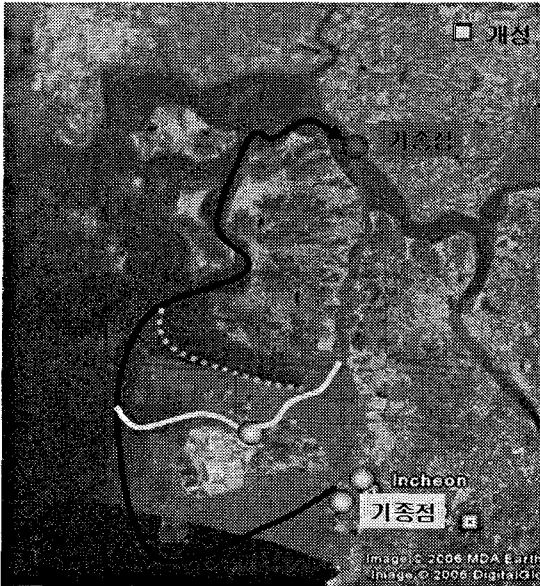


그림 1 인천-개성(공단)간 주요 후보 항로

표 6 인천-개성(공단)간 후보항로와 운항 소요시간

| 출발지    | 경유지  | 도착지 | 항해거리 (km) | 운항 소요시간 (운항속도 6.5노트) |
|--------|--|-----|-----------|----------------------|
| 후보항로 A | 염하수로   | 개풍군 | 약 37.8km  | 3.14 hour            |
| 후보항로 B | 북항<br>무의도 남쪽~<br>영종도 서쪽~<br>장봉도 서쪽~<br>석모수도~<br>청주초 남쪽 | 개풍군 | 약 103.0km | 8.56 hour            |
| 후보항로 C | 염하수로   | 개풍군 | 약 39.3km  | 3.26 hour            |
| 후보항로 D | 남항<br>무의도 남쪽~<br>영종도 서쪽~<br>장봉도 서쪽~<br>석모수도~<br>청주초 남쪽 | 개풍군 | 약 101.5km | 8.43 hour            |
| 후보항로 E | 삼목도  | 개풍군 | 약 40.1km  | 3.33 hour            |
| 후보항로 F | 선착장  | 개풍군 | 약 71.8km  | 5.96 hour            |

### 인천항

인천항은 반일주조(semi-diurnal) 성분이 지배적이므로 하루에 두 번씩 밀물과 썰물이 교대되고 매월 조석 변화에는 차이가 있으나 1일 2회 창조류와 낙조류가 발생하고 있으며 2주일 간격으로 사리(spring tide)와 조금(neap tide)이 교대로 나타난다. 또한 황해 전체가 매우 얇은 연해이며, 밀물이 서해안을 따라 북상할 때 웅진반도에 가로막혀 조석과 에너지가 경기만에 쌓이는 현상과 썰물이 서해안을 따라 남하할 때 경기만의 공동(空洞)현상 때문에 조차(潮差)가 최대 9미터에 이르고 있다.

인천 해역은 창조류 때의 최대유속은 조금(小潮) 때 80cm/초 정도이며, 사리(大潮) 때에는 100cm/초 이상이다. 밀물의 전류는 팔미도 남쪽에서 가장 빨리 일어나 남북수로에 파급되고 인천내항 수로에서는 저조 후 약 40분이나 지나서 밀물로 전류되며 또한 주수로에서 평균대조기의 유속은 65~155cm/초에 이른다. (이재욱 외(1999), 최중기 외(2004))

인천 부근 지역(강화, 인천, 교동, 장봉도, 영종도, 용유도, 대부도)의 관측점에서 측정한 바람의 봄철 평균풍속은 1.7-3.1m/s, 여름철 평균풍속은 1.8-2.8m/s, 가을철 평균풍속은 1.0-2.7m/s, 그리고 겨울철 평균풍속은 1.6-3.4m/s 분포를 보이고 있다. 한편 경기 앞바다에 위치하고 있는 연안격자점 7, 8, 9번에서 측정한 연중 평균유의파고는 0.6~0.8m이며 최대유의파고 및 파향은 3.7m(WSW)~5.8m(W)이다.

표 7 연안격자점에서의 최대유의파고(m) 및 파향

| 계절<br>격자점                   | 봄            | 여름              | 가을           | 겨울           | 전기간          |
|-----------------------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| 7<br>(위도 37.5,<br>경도 126.2) | 3.5(SW)      | 3.3(WSW,<br>SW) | 2.7<br>(SSW) | 3.7<br>(WSW) | 3.7<br>(WSW) |
| 8<br>(위도 37.3,<br>경도 126.3) | 4.3(SW)      | 3.3<br>(WSW)    | 2.5<br>(SSW) | 3.4(W)       | 4.3(SW)      |
| 9<br>(위도 37.0,<br>경도 126.0) | 4.6<br>(SSW) | 5.8(W)          | 3.4<br>(WNW) | 5.3<br>(WNW) | 5.8(W)       |

### 염하수로

강화도와 김포반도 사이의 해역으로 좁은 수로를 이루고 있는 염하수로의 폭은 300~1,500m인 것으로 추정되며 조차는 4.7~6.1m이며 최강 창조유속은 1.05~1.30m/sec, 최강 낙조유속은 1.00~1.46m/sec으로 조차에 의한 최대 조류속도는 1.46m/sec(약 2.8노트)이다. 또한 수로 중앙해역 수심 분포는 기본수준면하 약 0.1~7.0m으로 경기만의 기본수준면이 4.6m이므로 최저 수심은 4.7m으로 추정된다. (오재경(1995), 국립해양조사원(2002c))

### 중간수역

중간수역은 강화도와 북한 개풍군 사이의 해역을 의미하며 수역내의 유도 부근에 갯벌 지역이 존재하지만 중간수역 중앙부의 수심 분포는 기본수준면하 약 2.0~8.0m으로 최저 수심은 6.6m으로 추정되어 염하수로보다는 양호한 수심을 확보하고 있다. (국립해양조사원(2002a), 국립해양조사원(2002c))

### 석모수도

교동도와 석모도 사이의 해역으로 수도 폭은 1,200~3,800m으로 염하수로보다 넓은 폭을 가지고 있으며 조차는 최고 10m이며 최강 유속은 약 2m/sec이나 일부 해역에서는 약 3m/sec로 조차에 의한 최대 조류속도는 약 3m/sec(약 5.8노트)에 이르고 있다. 수도 중앙해역 수심 분포는 기본수준면하 약 6~34m으로 경기만의 기본수준면이 4.6m이므로 최저 수심은 약 10.6m으로 추정된다. (국립해양조사원(2002a), 국립해양조사원(2002b))



그림 2 인천-개성(공단) 후보 항로의 주요 해역

### 장봉수도

장봉수도는 장봉도와 강화도 사이 해역, 영종도와 장봉도/신도/시도 사이 해역, 장봉도 남쪽 및 서쪽 해역을 포함하는 범위이며 최강 창조유속은 1.04~2.06m/sec, 최강 낙조유속은 0.9~1.76m/sec으로 조차에 의한 최대 조류속도는 2.06m/sec(약 4.0노트)이다. 장봉수도의 운항 예상 항로 부근의 수심 분포는 기본수준면하 약 2.2~54m으로 경기만의 기본수준면이 4.6m이므로 최저 수심은 약 6.8m으로 추정된다. (국립해양조사원(2002a))

### 청주초

청주초는 강화도 북쪽의 예성강 하구에 위치하고 있는 삼각주로 면적은 약 28.8km<sup>2</sup>이며 청주초 남쪽 해역의 수심 분포는 기

본수준면하 약 0.1~6.5m으로 기본수준면 4.6m를 고려하면 최저 수심은 4.7m로 염하수로와 비슷한 범위의 수심이 확보될 것으로 추정된다. (국립해양조사원(2002a))

### 4.2 후보항로 주요 해역 현장조사

#### 청주초 및 중간수역

청주초 및 중간수역은 남북한 군사적 문제 등으로 현실적으로 선박을 이용한 접근과 시험운항 조사가 어려운 현실이다. 본 연구에서는 선박을 이용한 현장 조사를 대신하여 전방 관측소(OP)를 방문하여 육안 관찰 및 OP근무자에 대한 인터뷰 등을 통한 현장 조사를 실시하였다. 현장 조사를 종합한 결과, 썰물 시의 청주초와 연안해역 사이는 바야지 운항이 충분히 가능한 거리였으며, 강화도와 개풍군 사이의 중간수역도 바야지 운항이 가능한 것으로 판단되었다. 다만, 청주초 주변 해역의 경우, 밀물 및 썰물 시에 조류속도가 높은 것으로 관측되어 조류속도를 고려한 바야지 운항이 필요한 것으로 판단되었다.

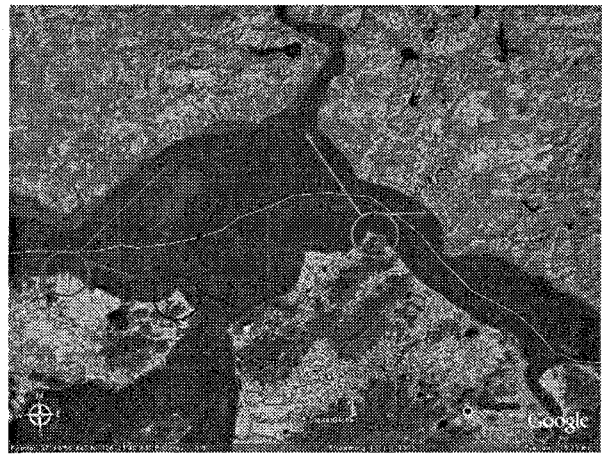


그림 3 현장조사 지역

### 염하수로

강화도와 인천/김포를 연결하는 초지대교~신강화대교 사이 해역인 염하수로의 바야지 운항 환경을 조사하기 위하여 어선을 이용한 시험 운항을 실시하였다. 시험 운항의 결과, 수로 중앙해역에서는 바야지 운항이 가능한 수심이 확보될 것으로 조사되었으나 안정적 운항 수심을 확보하기 위해서는 수심이 낮은 해역과 노출 지면 존재 해역 등에서는 준설 작업이 필요할 것으로 판단되었다. 한편 수로 상에는 3개 교량(초지대교, 강화대교, 신강화대교)이 존재하고 있어 이들 교량의 높이와 교각 간격이 바야지 운항의 제약 조건이 될 것으로 판단되었다. 또한 강화대교와 신강화대교 사이의 거리도 약 240m로 나타나 바야지 조종에는 큰 어려움이 없을 것으로 예상되었다.

표 8 염하수로에 존재하는 교량의 폭과 교각 간격

|           | 초지대교   | 강화대교     | 신강화대교    |
|-----------|--------|----------|----------|
| 교각 간격(m)  | 약 40m  | 약 40m    | 약 50~54m |
| 교량 높이(m)  | 약 22m  | 약 20~22m | 약 18~20m |
| 교량간 거리(m) | 약 240m |          |          |

**석모수도**

교동도~강화도 해역, 석모도~강화도 해역은 조차에 상관없이 바아지 운항이 가능한 충분한 수심을 안정적으로 확보하고 있는 것으로 판단되었으며 수로의 폭도 넓어 바아지 운항에는 큰 어려움이 없을 것으로 예상된다. 또한 흘수 2m인 차도선이 교동도와 강화도, 석모도와 강화도 사이를 조차에 상관없이 정기적으로 운항되고 있는 것으로부터도 흘수 2m인 바아지선의 운항에는 큰 문제가 없는 해역으로 판단된다.

**4.3 바아지 항로의 기술적 타당성**

**4.3.1 후보 항로 (1)**

**항로 선정**

표 1에 나타난 인천-개성(공단)간 후보 항로 중에서 김포시와 강화도 사이의 염하수로를 이용하는 항로인 북항~염하수로~중간수역~개풍군 남단으로 이어지는 "후보 항로 A"를 "후보 항로(1)"로 선정하였다. 후보 항로(1)은 많은 후보 항로 중에서 인천광역시 북항과 개풍군 남단을 연결하는 약 37.8km의 최단 항로인 점을 고려하여 선정되었다.

**항로의 운항 제약 조건**

후보 항로(1)에 대한 자연 환경, 현장 조사 및 시험 운항 조사와 분석 등을 통하여 항로의 바아지 운항 제약 조건을 그림 4와 같이 도출하였다. 강화도와 김포시를 연결하는 초지대교, 강화대교, 신강화대교의 3개의 교량, 수로 폭, 조차에 따른 염하수로 및 중간수역의 수심 변화가 바아지 운항에 대한 주요 제약 조건이다.

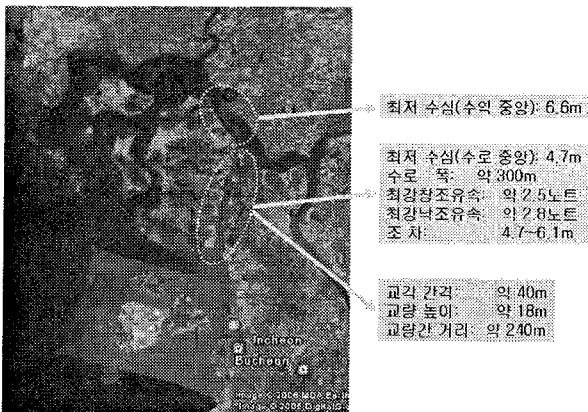


그림 4 후보 항로(1)와 운항 제약 조건

**항로의 기술적 타당성**

후보 항로(1)의 바아지 운항 제약 조건을 기초로 하여 바아지 운항의 기술적 타당성을 정리하면 다음과 같다.

표 9 후보 항로(1)의 운항 제약 조건과 기술적 타당성

| 운항 제약 조건                          | 기술적 타당성  |
|-----------------------------------|--|
| 염하수로 수심 (최저 수심 4.7m)              | <ul style="list-style-type: none"> <li>안정적 운항을 위하여 바아지 흘수를 2.0m전후로 설계하는 것은 가능함</li> <li>조차에 따른 수심 변화와 창조/낙조를 고려한 운항 일정을 구성하는 것이 가능함</li> <li>안정적 운항 수심(흘수+2m) 확보를 위하여 일부 해역을 준설하는 것이 가능함</li> </ul>            |
| 염하수로 폭 (300~1,500m)               | <ul style="list-style-type: none"> <li>협수로 내에서의 바아지 운항 및 조종 성능 확보를 위하여 Pusher barge시스템을 채택 가능</li> </ul>   |
| 염하수로 최대 조류속도 (약 2.8노트)            | <ul style="list-style-type: none"> <li>최대 조류속도(2.8노트) 고려한 추진시스템 설계</li> <li>대지 운항 속도가 확보 가능한 추진력을 가지는 추진시스템을 채택 가능</li> <li>선속 증대에 따른 안전한 운항 및 조종 성능 확보를 위하여 Pusher barge시스템을 채택 가능</li> </ul>                 |
| 염하수로내의 노출 지면 및 어장                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>준설을 통한 노출지면의 제거는 기술적으로 가능</li> <li>어장 이동 및 보상 지원은 사회적인 합의에 따라 해결 가능한 문제임</li> </ul>   |
| 교량 (최소 교각 간격: 40m, 최소 교각 높이: 18m) | <ul style="list-style-type: none"> <li>최소 교각 간격과 바아지 조종 성능을 고려하여 바아지 폭을 10m이하로 설계하는 것이 가능함</li> <li>최소 교각 높이를 고려하여 상부구조물을 설계하는 것은 가능함</li> </ul>   |
| 중간수역 수심 제한 (최저 수심 6.6m)           | <ul style="list-style-type: none"> <li>안정적 운항 가능한 바아지 흘수를 설계</li> <li>조차에 따른 수심 변화를 고려한 운항 일정을 구성하는 것이 가능함</li> <li>안정적 운항 수심(흘수+2m) 확보를 위하여 일부 해역을 준설하는 것이 가능하나 남북간의 군사적 및 정치적 합의에 따라 해결되어야 하는 문제임</li> </ul> |

**4.3.2 후보 항로 (2)**

**항로 선정**

표 1의 인천-개성(공단)간 후보 항로 중에서 강화도와 교동도(석모도) 사이의 석모수도와 장봉수도를 이용하는 항로인 북항~무의도 남쪽~영종도 서쪽~장봉도 서쪽~석모수도~청주초 남쪽 해역~개풍군 남단으로 이어지는 해상수송로를 "후보 항로 B"를 "후보 항로(2)"로 선정하였다. 후보 항로(2)는 약 103.0km의 운항거리를 가지는 항로로 석모수도 및 장봉수도를 이용함으로써 바아지 운항을 위한 안정적 수심과 항로 폭의 확보 가능한 항로이다.

**항로의 운항 제약 조건**

후보 항로(2)의 자연 환경, 현장 조사 및 시험 운항 조사 결과 등을 분석하여 바아지 운항 제약 조건을 그림 5와 같이 도출하였다. 후보 항로(2)는 조차에 따른 청주초 남쪽 해역 및 중간수역의 수심 변화가 운항 제약조건이 될 것으로 예상된다.

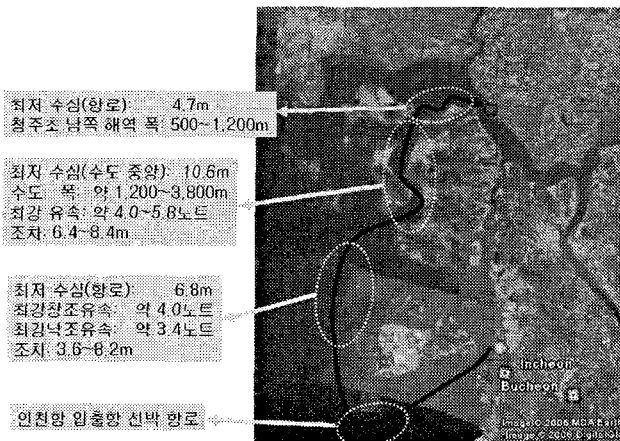


그림 5 후보 항로(2)와 운항 제약 조건

**항로의 기술적 타당성**

후보 항로(2)의 바아지 운항 제약 조건을 기초로 하여 바아지 운항의 기술적 타당성을 정리하면 다음과 같다.

표 10 후보 항로(2)의 운항 제약 조건과 기술적 타당성

| 운항 제약 조건                         | 기술적 타당성  |
|----------------------------------|--|
| 장봉수도/석모 수도 수심 (최저 수심 6.8m)       | <ul style="list-style-type: none"> <li>안정적 운항을 위하여 바아지 흘수를 3.0m 전후로 설계하는 것은 가능</li> <li>조차에 따른 수심 변화를 고려한 운항 일정을 구성하는 것이 가능</li> <li>안정적 운항 수심(흘수+2m) 확보를 위하여 일부 해역을 준설하는 것이 가능</li> </ul>             |
| 석모수도 폭 (1,200~3,800m)            | <ul style="list-style-type: none"> <li>수도 최소 폭 1,200m는 폭 10m급 바아지 운항에는 큰 장애가 되진 않음</li> <li>안전한 바아지 운항과 조종 성능 확보를 위하여 Pusher barge시스템을 채택 가능</li> </ul>  |
| 장봉수도/석모 수도 최대 조류속도 (약 3.9~5.8노트) | <ul style="list-style-type: none"> <li>평균 최대 조류속도 4.85노트를 고려한 추진시스템 설계</li> <li>대지 운항 속도가 확보 가능한 추진력을 가지는 추진시스템을 채택 가능</li> <li>안전한 운항 성능 및 조종 성능 확보를 위하여 Pusher barge시스템을 채택 가능</li> </ul>            |
| 장봉수도/석모 수도내의 섬, 압초 및 어장          | <ul style="list-style-type: none"> <li>수도 폭과 운항 가능 수심 등을 고려하면 섬과 압초를 피하여 바아지 운항이 가능</li> <li>어장 이동 및 보상 지원은 사회적인 합의에 따라 해결 가능한 문제임</li> </ul>  |
| 청주초 남쪽 해역 수심 (최저 수심 4.7m)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>안정적 운항이 가능한 바아지 흘수 설계</li> <li>조차에 따른 수심 변화와 창조/낙조를 고려한 운항 일정을 구성하는 것이 가능함</li> <li>안정적 운항 수심(흘수+2m) 확보를 위하여 일부 해역을 준설하는 것이 가능하나 남북간의 군사적/정치적 합의가 필요</li> </ul> |
| 청주초 남쪽 해역 폭 (500~1,200m)         | <ul style="list-style-type: none"> <li>해역 최소 폭 500m는 폭 10m급 바아지 운항에는 큰 장애가 되진 않음</li> <li>안전한 바아지 운항과 조종 성능 확보를 위하여 Pusher barge시스템을 채택 가능</li> </ul>  |

**4.4 항로 운항을 위한 바아지 시스템 제안**

**후보 항로 (1)의 바아지 시스템**

후보 항로상의 수심 제한과 교량 존재 등을 고려하면 후보 항로(1)에 투입 가능한 바아지는 흘수 2.0m, 폭 10m 이내가 적절할 것으로 판단된다. 후보 항로(1)의 경우에는 염하수로의 운항 수심이 비교적 낮으므로 흘수가 낮은 바아지가 적합할 것으로 판단되며 바아지 선단도 바아지가 직렬로 2개로 연결되는 것이 적절할 것으로 판단된다.

또한 후보 항로(1)의 경우에는 협수로를 운항하며 교량을 통과하는 등 바아지가 안정적으로 조종되는 것이 요구됨에 따라 후보 항로(1)에 투입되는 바아지시스템은 높은 조종 성능이 확보 가능한 Pusher-barge 방식이 적합할 것으로 판단된다.

한편 항로상의 염하수도가 1일 2회씩 창조류와 낙조류가 각각 발생하는 해역으로 창조류 및 낙조류의 지속시간이 각각 약 6시간 정도로 예상되어지므로 바아지 운항을 위한 염하수로 및 중간수역의 안정적 수심 확보를 위해서는 바아지 운항시간을 최대 3~6시간 범위로 하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

**후보 항로 (2)의 바아지 시스템**

후보 항로상의 수심 제한 등을 고려하면 후보 항로(2)에 투입 가능한 바아지는 흘수 3.0m, 폭 10m 전후가 적절할 것으로 판단된다. 후보 항로(2)의 경우에는 후보 항로 (1)에 투입되는 바아지 보다 큰 흘수를 가지며 대형화된 바아지가 적합할 것으로 판단되며 바아지 선단도 4~6개 바아지로 구성할 수 있다.

또한 후보 항로(2)의 경우에도 청주초 인근 해역에서 안정적으로 선회하는 것이 요구됨에 따라 후보 항로(2)에 투입되는 바아지시스템은 높은 조종 성능이 확보 가능한 Pusher-barge 방식이 적합할 것으로 판단된다.

한편 항로상의 청주초 및 중간수역에서 바아지 운항을 위한 안정적 수심 확보하기 위해서는 청주초와 중간수역의 운항시간을 3시간 전후로 하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

후보 항로(1)과 (2)의 바아지 운항 제약 조건과 기술적 타당성을 고려하였을 경우, 후보 항로(1)과 (2)에 투입되는 바아지 시스템은 아래와 같은 것이 적절한 것으로 판단하였다.

표 11 후보 항로(1)과 (2)의 최적 바아지 시스템

| 후보 항로 | 바아지 시스템      | 주요 제원 |       |           | 선단 구성    |
|-------|--------------|-------|-------|-----------|----------|
|       |              | 폭(m)  | 흘수(m) | 운항속도 (노트) |          |
| (1)   | Pusher Barge | 10m내외 | 2m이내  | 6~7노트     | 2개 바아지   |
| (2)   | Pusher Barge | 10m내외 | 3m이내  | 6~7노트     | 4~6개 바아지 |



## 참 고 문 헌

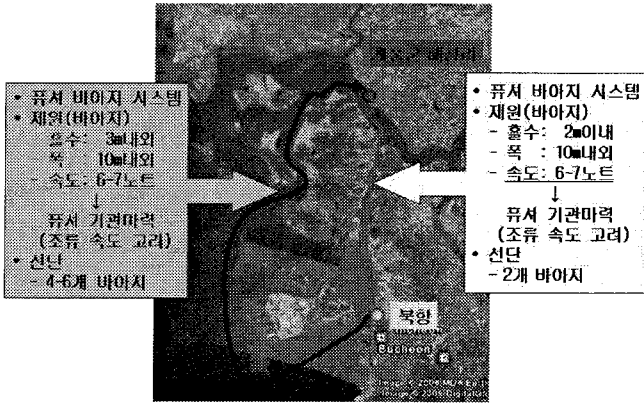


그림 6 후보 항로(1)과 (2)의 최적 바이지시스템

## 5. 결 론

본 연구에서는 개성공단의 발전, 남북경제협력의 확대 등으로 인천과 개성(공단)간의 화물 수송 수요의 급격한 증대에 효율적으로 대응하기 위한 물류수송수단의 하나로서 바이지를 이용한 해상수송시스템을 제안하였다. 또한 인천-개성(공단)간 물동량 현황과 예측에 기초하여 바이지시스템의 경제적 타당성을 검토하였으며, 바이지 운항 후보항로를 제안하고 운항 조사, 현장 조사 및 자료 조사 등을 통하여 항로의 제약조건과 기술적 타당성을 검토하여 바이지 후보항로 2개와 적합 바이지 시스템을 제안하였다.

본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 인천-개성(공단)간 화물을 바이지를 활용한 해상운송으로 운반하는 것이 육상운송보다 더 경제적이며 저렴한 것으로 추정되어 경제적 타당성이 있는 것을 확인하였다.
- (2) 바이지를 이용한 인천-개성(공단)간 해상수송 항로로 염하수로를 이용하는 항로와 석모수도를 이용하는 2개 항로를 제안하였으며 운항환경 조사 등을 통하여 기술적 타당성이 있는 것을 확인하였다.
- (3) 염하수로를 이용하는 후보 항로 (1)은 바이지 폭 10m 내외, 흘수 2m내외, 운항속도 6~7노트, Pusher-Barge 형식을 가지는 바이지시스템이 적합하였다.
- (4) 석모수도를 이용하는 후보 항로 (2)은 바이지 폭 10m 내외, 흘수 3m내외, 운항속도 6~7노트, Pusher-Barge 형식을 가지는 바이지시스템이 적합하였다.

## 후 기

본 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(KRF-2005-005-J10203)임을 밝힙니다.

- [1] 국립해양조사원(2005), 2006 조석표(한국연안)
- [2] 대한상공회의소(2005), 개성공단의 투자매력도와 우리기업의 진출전략 연구
- [3] 삼성경제연구소(2005), 북한경제와 남북경협 의 현주소
- [4] 오재경(1995), 한강하구 염하수로에서 부유퇴적물의 퇴적작용, Journal of Korean Earth Science Society, Vol. 16, No.1, pp. 20~29
- [5] 이재욱, 외(1999), 황해 북부권 최적 해상 컨테이너 터미널 조성에 관한 기초 연구, 황해권 수송시스템 연구센터 보고서, pp. 45-72.
- [6] 인천광역시(2005), 인천-개성 연계발전 추진전략
- [7] 인천광역시(2006), 인천-개성(공단)간 항로의 기술적 타당성 조사
- [8] 인천발전연구원(2004), 인천-개성 연계발전을 위한 도로정비 방안
- [9] 조선과학백과사전출판사/한국평화문제연구소(2004), 조선항토대백과
- [10] 최중기 외(2004), 인천광역시 해양탐사활동 보고서 <인천 앞바다 바로 알기>
- [11] 통계청(2004), 통계로 본 남북한의 모습
- [12] 통일부(2005a), 2005년 남북교류협력 추진실적(종합)
- [13] 통일부(2005b), 2005년 1~6월 중 남북교역 동향
- [14] 통일부(2005c), 개성공단 사업현황과 과제, 국회개성포럼 발표자료
- [15] 통일부(2005d), 개성공단 사업추진현황
- [16] 한국수출입은행(2005), 개성공단 투자환경
- [17] 현대아산(2005), 개성공업지구 역사와 개발 총 계획
- [18] 한국무역진흥공사(2006), 북한의 개방전망과 개성공단
- [19] 해양수산부(2005), 해운합의서 발효 후 연안 해운 전망 및 대책
- [20] 해양수산부(2004), 수도권 항만의 팬타포트형 물류발전전략 수립방안 연구
- [21] 국립해양조사원(2002a), 해도 W311(영종도에서 용매도)
- [22] 국립해양조사원(2002b), 해도 W331(석모수도 부근)
- [23] 국립해양조사원(2002c), 해도 W361(염하)
- [24] 경남대학교 통일문제연구소  
<http://www.ifes.kyungnam.ac.kr>
- [25] 국립해양조사원, <http://www.nori.go.kr/>
- [26] 인천시청, <http://www.incheon.go.kr/>
- [27] 인천항만공사, <http://www.icpa.or.kr/>
- [28] 통일부 북한자료센터 <http://www.unibook.unikorea.go.kr>
- [29] 통일연구원 도서관 <http://www.asp.kinu.or.kr>
- [30] 한국무역협회 남북경협정보 [www.kita.net](http://www.kita.net)
- [31] 해양수산부, <http://www.momaf.go.kr/>