

한국과 일본의 운하와 수질관리 비교

이태관*
ltgsy@kmu.ac.kr

<目次>

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1. 서론 | 3. 한국의 운하 |
| 2. 일본의 운하 | 3.1 한국 운하의 역사 및 발전 |
| 2.1 일본운하의 역사 및 발전 | 3.2 한국의 운하와 문제점 |
| 2.2 일본의 운하와 문제점 | 3.3 한국운하의 수질관리 |
| 2.3 일본 운하의 수질관리 | 4. 한국과 일본의 운하관리 비교 고찰 |
| | 5. 결론 |

主題語: 운하(Canal), 물 관리(Water Management), 운하관리(Canal Management), 한국(Korea), 일본(Japan)

1. 서론

운하란 여러 가지 운송수단 중 하나로 내륙에 선박의 항행이나 관개, 배수 또는 용수를 위하여 인공적으로 만든 수로를 말하며, 일반적으로 교통수송을 위한 하나의 방법으로 정의될 수 있다. 운하의 대부분은 육지를 굴착하여 만들지만 매립을 할 때 남겨둔 수로, 하천을 정비하여 만든 인공수로도 운하라고 부른다.

이러한 운하의 건설은 운송효율, 일자리창출, 하천관리 등과 같이 여러 가지 장점이 있어 일본에서는 과거부터 운하의 발달이 활발하게 진행되어 왔다. 최근에는 한국에서도 운하사업을 계획한 바 있으며 대표적인 예로 ‘한반도 대운하’사업과 ‘경인 아라뱃길’사업이 있다. 하지만 ‘한반도 대운하’사업은 다수의 시민과 환경단체의 반대의견으로 인해 중단되었다. 이후 ‘한반도 대운하사업’은 ‘4대강 사업’으로 변경되었으며 4대강 주변을 생활·여가·관광·문화·녹색성장 등의 다기능 복합 공간 조성의 계획을 바탕으로 2013년 초 완공되었고, 2012년에는 인천 서구 오류동(서해) ~ 서울 강서구 개화동(한강)을 연결하는 ‘경인 아라뱃길’이 완공 되었지만 운하관리 에 있어 여러 가지 문제점을 겪고 있는 실정이다. 이러한 운하건설로

* 계명대학교 환경과학과 교수

인한 수질악화가 큰 사회적 이슈로 부각되고 있는 시점에서, 2014년 포항 운하가 건설 완공예정에 있다.

한국의 운하는 일본의 운하에 비해 그 역사가 짧고 운하관리에 대한 연구도 미비한 실정이다. 특히 ‘4대강 사업’과 ‘경인 아라뱃길’ 건설이후 발생하고 있는 문제점에 대하여 효과적인 운하의 수질관리를 위해서는 타국의 성공사례 분석을 통해 국내 지리적·사회적 특성을 고려한 맞춤형 대안이 필요하며, 그 외에도 효과적으로 계획 및 사업을 수행하기 위하여 정부 및 지방정부, 그리고 국민과의 거버넌스(Governance) 구축이 필요하다. 이러한 대안을 찾기 위해서는 국내 운하관리에 대한 객관적인 고찰과 더불어 많은 운하가 운영되고 있는 일본의 운하관리와의 비교분석이 요구되어진다. 따라서 본고는 한국과 일본의 운하 관리에 대하여 비교·분석하였으며, 문헌 고찰 등의 방법으로 연구를 수행하였다.¹⁾

2. 일본의 운하

2.1 일본운하의 역사 및 발전

일본은 바다로 둘러싸여져 있는 지리적 특성 때문에 과거부터 해운이 발달하였으며 하구의 항과 항을 연결하는 해운선로가 많이 개발되었다. 16세기 말 쇼쿠호시대(織豊時代: 도요토미 히데요시(豊臣秀吉)가 중앙 정권을 잡았던 시기)부터 자본의 집중과 도시발달로 인해 치수사업이 발달 하였다.

에도시대(江戸時代)에는 다이묘(大名)가 지배하는 번(藩)이 각지에 생겨나면서 하천 개수사업이나 운하건설이 활발해져 운하나 하천을 이용하는 선박유통이 발달하게 되었다. 그러나 메이지시대(明治時代)에는 운하를 이용한 물자 수송보다는 철로를 개발하여 이용하였다. 이후 근대적인 운하는 6개 대도시의 대량 물류와 관련된 부분이나 국제무역항 주변에 주로 만들어졌다. 쇼와(昭和:일본 간토지방[關東地方]의 군마현(群馬県)에 있는 촌(村))시대에는 고도 경제 성장기로 인해 육상 화물 운송이 발달과 동시에 운하의 수질은 더욱 악화되고 수변구역이 제대로 관리되지 않게 되자 쇼와(昭和)50년인 1975년부터는 운하를 매립하여 도로로 이용하는 등 운하가 소멸하는 위기가 찾아오기 시작하였다. 현재 일본의 운하는 다음 <그림1>과 같이 전국 83개소가 분포하고 있다.²⁾ 하지만 최근에는 국민들의 깨끗한 환경에서 살고자

1) 성덕기(2008)「운하의 수리시설물에 관한 고찰」관동대학교 국토방재 대학원

하는 욕구 때문에 운하 수질을 개선시키고 수변구역을 재생시켜 친수공간으로 되돌리고 있다.³⁾



<그림 1> 일본운하의 현황

2.2 일본의 운하와 문제점

일본의 운하는 앞서 말한 바와 같이 과거부터 지리적 특성으로 인해 운하 사업이 활발하게 발달하였다. 이러한 운하사업이 발달하자 그 지역의 경제 및 산업발전을 도모하였을 뿐만 아니라 운하의 갑문은 자연재해로부터의 피해를 최소화 하여 지역 주민들의 재산 및 인명피해를 최소화 할 수 있는 중요한 시설 이었다. 하지만 일본의 경제 및 산업 발전은 물 수요량이 크게 증가하는 계기가 되었고 오염물질이 폐쇄수역 상태인 운하로 유입되면서 수질은 크게 악화되었다.

일본의 여러 운하 중에서 아마가사키(尼崎) 운하의 경우는 갑문(閘門) 및 수문 등에 의해 외해(外海)로부터 폐쇄되어 있어서 수역이 안정되어 있다. 이러한 수역에서는 물의 교환이 거의 없고 투명도가 낮으며 저층의 산소가 매우 적어 환원물질이 용출되어 악취가 발생하는 등 생태계 교란을 야기 시킨다. 또한 점오염원과 비점오염원에서 운하로 흘러드는 영양염류의 양이 많아 식물성플랑크톤이나 쌍각류 등 부착생물이 과잉증식하고 있는 상태였다. 이로

2) <https://maps.google.co.kr/> (검색어: 일본)

3) <https://www2.env.go.jp/water-pub/mizu-site/Bunpu/all.asp>(水環境總合情報サイト)

인해 수(水)생물의 종이 현저하게 줄었으며 생물에 의한 정화기능이 현저히 낮은 상태가 되었다.⁴⁾⁵⁾ 그리고 도네(利根) 운하와 나카가와(中川) 운하 또한 운하의 수질이 심각한 상태였다. 도네(利根) 운하는 유역면적과 유량이 매우 적은 상태이며 이러한 환경에서는 비점오염원에서 유입되는 오염물질에 대한 영향을 받기 쉬운 상태가 된다. 따라서 과거에는 수질이 크게 악화된 경우가 있었다.⁶⁾ 나카가와(中川) 운하는 과거 운하건설 당시 가정 오(폐)수 또는 도시의 배수장치로 이용되거나 경제발전 이후 공장폐수가 정화되지 않은 상태로 유입되어서 수질이 크게 악화된 상태였다.⁷⁾

2.3 일본 운하의 수질관리

운하의 수질악화로 인해 지역주민들의 반발이 거세지자 정부와 지방자치단체에서 운하의 수질개선 방안을 수립하여 시행하였다.

특히 일본의 운하 및 하천관리를 살펴보면 유역환경과 문제점을 명확하게 고려하여 맞춤형 대책이 잘 수립되어 있다. 점오염원과 비점오염원의 영양염류의 유입이 많아 식물플랑크톤이나 쌍각류 등 부착생물이 과잉증식 하게 된 아마가사키(尼崎) 운하의 경우에는 운하의 수변지역에 수질정화시설을 건설한 후 수중폭기 및 천적을 이용하여 물을 정화하고 있다. 그리고 수량이 적어 수질오염물질에 민감한 도네(利根) 운하는 수량을 늘려 수질개선방안을 수립하였다. 하지만 하상의 높이가 도네가와(利根川) 보다 도네(利根) 운하의 높이가 더 높기 때문에 지리적 특성상 하도 굴착 등을 통한 도수를 확보하려 할 경우 대규모의 굴착이 필요하고 경제성 및 환경경관 측면에서 바람직하지 않은 방법으로 판단되었다. 따라서 도수 펌프를 이용하여 정화용수를 공급하는 방식으로 도네(利根) 운하의 수질을 개선시키고자 하였다. 나카가와(中川) 운하는 운하건설 당시부터 오염이 심각하였다. 환경에 대한 인식은 현재보다 미약하여 미처리 가정 폐수가 그대로 나카가와(中川) 운하에 배출되거나 처리되지 않은 하수가 유입되는 등, 수질의 악화가 진행되어 왔었다. 이로 인해 과거부터 꾸준히 수질개선 대책을 수립하였지만 시민과 각종 단체들의 새로운 사회적 요구를 충족시키지는 못하였다. 이러한 배경을 바탕으로 사회 및 경제적으로 새롭게 요구되는 역할을 충족시키기 위해 ‘나카가와(中川) 운하 재생계획’을 수립하였다. 이 시책은 펌프장을 건설하여 하루 약 7만여톤의 해수순환

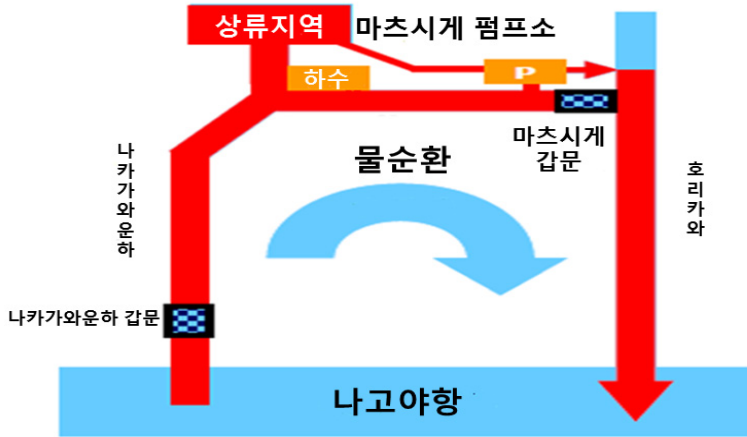
4) 21世紀の尼崎運河再生プロジェクト

5) 2010, 尼崎運河に設置した小水路における藻類を用いた水質改善手法の現地實驗, 山中亮一・上月康則 2・一色圭佑 3・森紗綾香 4・川井浩史 5 石垣 衛 6・上嶋英機 7・高橋秀文 8

6) 利根運河の水質改善に向けた導水についての一考察, 江戸川河川事務所 調査課 大熊 將史

7) 名古屋商工會議所 (2008)「これからの中川運河のあり方」名古屋港研究所

을 통해 운하 수질을 개선하는 것이며 산소가 부족한 지역에서는 수중에 공기를 주입하는 방식으로 수질정화를 실행하고 있다. 다음 <그림2>는 나카가와(中川)운하의 물 순환 메커니즘에 관한 그림이다.⁸⁾



<그림 2> 나카가와(中川) 운하의 물 순환

그리고 지역주민들의 사회적 시대적 요구를 만족시키기 위하여 향후 나카가와(中川) 운하의 수질 개선 시책은 수처리센터의 고도처리화, 우천시 유량을 줄일 빗물 저류조 건설 등이 있으며 그 내용은 <표 1>에 정리하였다.⁹⁾

<표 1> 한국과 일본의 물관리 행정체계 및 정책 비교

지역	수질정화시책	효과
상류지역	고도처리, 빗물체수지, 마쓰시게 펌프장에 의한 물순환, 저니 제거 등	투명도 향상, 오탁유입부하 삭감, 혐기화 방지 등, 저층 무산소, 악취의 개선
중류지역	마쓰시게 펌프장에 의한 물순환, 저니 제거 등	혐기화 방지 등, 저층 무산소, 악취의 개선
나카가와운하 입구지역	마쓰시게펌프장에 의한 물순환, 폭기 장치, 저니 제거 등	혐기화 방지 등, 저층 무산소, 악취의 개선

8) 名古屋商工會議所 (2008)「これからの中川運河のあり方」名古屋港研究会

9) 名古屋商工會議所 (2008)「これからの中川運河のあり方」名古屋港研究会

이뿐만 아니라 일본의 하천 및 운하관리는 직접적인 수질개선과 더불어 다양한 부분에서 많은 노력을 하고 있다. 수변구역에 녹지 환경을 조성하여 도시 환경의 향상 및 방재기능뿐만 아니라 지역주민들에게 휴식 공간 제공 및 관광자원을 개발하고 있다. 이러한 노력은 수계에 생물종수를 늘려 친환경 하천을 조성하게 되었는데 특히 Masaharu Tanaka and Kikuya Katoh(1998)는 물고기의 서식이 수질오염물질과 상관관계를 보이고 있으며 수질오염물질에 의해 물고기의 생식과 종류수가 제약을 받는다고 밝힌 바 있다. 이와 같은 방법론을 통해 수질에 관한 지표성이 높은 29종을 수질 지표로 하며 수생물을 이용하여 수질을 판정하는 방법인 “생물학적 수질판정”을 통해 하천의 등급을 구분하였다. 다음 <표 2>¹⁰⁾와 <표 3>¹¹⁾은 수질 등급과 지표생물의 관계와 일본 주요하천에 서식하고 있는 어류 현황을 나타낸 것이다.

<표 2> 수질등급과 지표생물 관계

수질등급	종류수	지표생물
I (깨끗한물) 생물지표	10종류	아 미카 류, 나미우즈무시, 카와케라 류, 민물 게, 흐름 날도래 류, 히라 타 하루살이 류, 브유 류, 헤비톤보, 야마토비케라 류, 요코에비 장치
II (약간깨끗한물) 생물지표	8종류	이시마키가이, 오 시마토비케라, 다슬기 류, 겐지 보탈, 코오니안마, 소형 시마토비케라 류, 히라타도로무시 류, 야마토 가막 조개
III (더러운물) 생물지표	6종류	이소코쓰부무시 류, 우렁이 류, 니홍도로소코에비, 시마이시비루, 미즈카마키리, 무좁
IV (매우더러운물) 생물지표	5종류	미국 가재, 에라미미즈, 사카마키가이, 작은 곤충 류, 죠 오바 장치

10) 環境省 水・大氣環境局(2012)「平成 23 年度公共用水域水質測定結果」環境省

11) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課(2008)「河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル」国土交通省

<표 3> 일본 주요 하천에서의 어류 현황

하천명	서식어종
나카가와 (추부)	다목장어, 노랑가오리, 뱀장어, 뱀망이, 전어, 잉어, 떡붕어, 붕어, 납자루, 흰줄납줄개, 끄리, 피라미, 갈겨니, 황노래기, 버들치, 황어, 참붕어, 참중고기, 돌고기, 줄물개, 모래무지, 참마자, 돌잉어, 물개, 미꾸라지, 동자개, 메기, 자가사리, 은어, 뱀어, 송어, 옥새 송어, 투라치, 색줄멸, 열대 송사리, 동갈치, 학공치, 가시고기, 해마, 산호해마, 드렁허리, 양태, 독중개, 농어, 살벤자리, 줄벤자리, 파랑불우럭, 큰입배스, 청보리멸, 줄전갱이, 무명갈전갱이, 주둥치, 통돬과, 백미돬, 게레치, 어름돬, 감성돬, 새눈치, 돌돬, 송어, 등줄송어, 가숭어, 다방날가지 송어, 베도라치, 앞동갈베도라치, 남방동사리, 열동갈문절, 사백어, 미끈망둑, 얼룩망둑, 살망둑, 날망둑, 꼭저구, 넙치, 문절망둑, 흰발망둑, 날개망둑, 모치망둑, 점줄망둑, 갈문망둑, 망둑, 갈문망둑, 민물검저망둑, 검정망둑, 가물치, 은비늘치, 쥐치, 복섬
토네가와 (간토)	다목장어, 당멸치, 뱀장어, 뱀망이, 전어, 잉어, 떡붕어, 붕어, 납자루, 흰줄납줄개, 피라미, 갈겨니, 황노래기, 버들치, 대황어, 황어, 참붕어, 줄물개, 모래무지, 버들매치, 돌잉어, 물개, 물개, 잉어과, 미꾸라지, 동자개, 메기, 은어, 뱀어, 연어, 곱사 연어, 열대 송사리, 동갈치, 학공치, 양태, 독중개, 농어, 살벤자리, 줄벤자리, 파랑불우럭, 큰입배스, 작은입배스, 줄전갱이, 감성돬, 송어, 주홍미끈망둑, 열동갈문절, 얼룩망둑, 꼭저구, 문절망둑, 흰발망둑, 날개망둑, 모치망둑, 망둑, 갈문망둑, 민물두줄망둑, 검정망둑, 망둑, 가물치, 강도다리, 흰점복, 복섬
아마가사키 (간사이)	다목장어, 노랑가오리, 당멸치, 뱀장어, 뱀망이, 전어, 멸치, 잉어, 떡붕어, 붕어, 붕어, 납자리, 흰줄납줄개, 피라미, 갈겨니, 황노래기, 피라미, 버들치, 황어, 참붕어, 참중고기, 돌고기, 줄물개, 모래무지, 참마자, 누치, 돌잉어, 물개, 미꾸라지, 동자개, 메기, 자가사리, 빙어, 은어, 뱀어, 흥 연어, 열대 송사리, 동갈치, 해마, 드렁허리, 양태, 독중개, 농어, 살벤자리, 줄벤자리, 파랑불우럭, 큰입배스, 전갱이, 주둥치, 게레치, 감성돬, 참돬, 붉돬, 노랑축수, 송어, 등줄송어, 가숭어, 남방동사리, 주홍미끈망둑, 땡기망둑, 살망둑, 얼룩망둑, 날망둑, 꼭저구, 넙치, 문절망둑, 흰발망둑, 날개망둑, 모치망둑, 갈문망둑, 망둑, 갈문망둑, 민물두줄망둑, 넙치, 줄복, 까치복, 복섬

그리고 주민들의 참여를 유도하여 선진화된 시민의식을 기반으로 정부, 지방자치단체, 시민단체와의 거버넌스(Governance) 구축을 통해 정부주도가 아닌 각 단체와의 협의를 통한 절충안을 바탕으로 운하 및 하천 관리를 하고자 노력하고 있다. 또한 전국에 278개소의 수질 자동 감시 장치를 설치하여 24시간 연속 수질 모니터링을 실시하고 있으며 각 관할기관마다 효율적이고 원활한 연락망을 구축하여 경제적·효율적인 하천관리를 실시하고 있는데 이는 긴급 상황발생 시 효율적으로 관리함으로써 그 피해를 최소화 하는데 있다.

3. 한국의 운하

3.1 한국 운하의 역사 및 발전

과거부터 서울은 한국 물류의 중심지로서 신속하고 안전하게 충청남도, 전라남북도, 경상남북도의 산물을 서울까지 수운으로 수송할 수 있도록 하기 위하여 인공수로 계획을 수립하였던 만큼 운하개발에 관심이 보였던 것으로 사료된다.

이와 같이 운하계획이 최초로 시작한 시기는 고려조 고종 (1230~1240년) 때부터 이다. 그 후 300년이 지난 후 조선조 중종 때에도 재차 운하 건설이 시도되기도 하였지만 당시 기술로는 원통이 고개(현재 인천 남구 간석동)를 뚫지 못해 운하계획이 중단된 것으로 전해지고 있다. 그리고 일제 강점기에도 한반도의 중심이고, 한강변에 위치한 서울과 해륙교통의 중심지인 인천을 연결 하면 산업경제발전에 큰 도움이 될 것으로 예상하고, ‘굴포계획’을 수립하였다. 이 계획을 통해 한강의 홍수방지와 원활한 공업용수 공급을 통해 연안일대에 대규모 공업단지를 조성하여 신속하고 안정적으로 수송을 도모하기 위한 것이었다. 그 후 1960년대 이후 철도, 도로 등의 육상 운송체계의 발전과 더불어 운하개발계획은 점차 소멸되었다.¹²⁾

3.2 한국의 운하와 문제점

고도경제성장기 이후 운송수단의 방식이 해상교통수단에서 육상교통을 통한 운송방식으로 변화되자 운하의 개발은 점차 쇠퇴하기 시작하였다. 하지만 인구증가, 산업발전으로 인한 물 사용의 다양화, 물 수요 증가 그리고 홍수와 물 부족 현상, 수질오염과 같은 재해를 관리하기 위하여 친환경적 운하개발 사업이 다시 재기되기 시작하였다. 특히 한국에서는 2012년에 완공된 ‘경인 아라뱃길’과 2014년 1월에 완공 예정인 ‘포항운하’가 대표적인 운하사업이다.

‘경인 아라뱃길’ 사업은 한국 최초의 운하사업인데 굴포천 치수사업으로 시행하던 방수로(폭 80m)를 확장하고 수심(3.5m)을 더 깊이 굴착하여 주운수로(연장18km, 폭 100m, 수심 6m)로 활용하고 항만시설(인천터미널, 서울터미널) 등을 건설하여 수도권 물류체계를 개선할 목적으로 시행된 사업이었다. 그리고 ‘포항운하’ 사업은 형산강 하류 좌안측에서 동빈내항 간 1.30km의 수로를 복원하여 물길을 열어줌으로 인해 수질개선을 도모하고, 96,455㎡의 유원지를 조성하여 친수공간 계획과 다양한 건축물이 조성될 수 있도록 부지를 확보하고자 하는

12) 이명로(1997)「한국의 운하개발계획」한국도로학회지 No.73

사업이다.¹³⁾

하천의 유속은 앞에서 언급한 바와 같이 운하사업 이후 상당히 느려지며 폐쇄수역 상태가 된다. 이러한 환경의 변화로 인해 ‘경인 아라뱃길’에서도 여러 가지 문제점이 발생하고 있는 실정이다. 특히 수역이 안정화 되면 저층부에 산소가 부족한 현상인 빈산소존이 발생하게 되는데 안태웅 등(2012)은 굴포천 내 퇴적물을 조사해본 결과 유기물 함량이 높은 퇴적물로 인해 저층에 빈산소존을 발생시킨다는 연구결과를 발표한 바 있다.¹⁴⁾ 폐쇄수역상태인 운하 내로 수도권 매립지 침출수 및 비점오염원에서 유입되는 오염물질로 인하여 수질기준 초과, 악취, 부영양화 및 조류발생이 심각한 상태이며 이로 인해 인근 연안에서의 악영향이 우려되고 있다. 또한 2012년 4월 굴포천과 아라천을 연결하는 굴현보 인근과 2013년 6월에는 굴포천 하류에서 어류 수백 마리가 폐사하는 사건이 발생하였는데 이는 수질악화로 인한 용존산소 부족현상을 개선하기 위하여 2011년 인천갑문의 운영을 통해 해수가 유입되면서 염분변화에 적응하지 못한 어류들이 폐사한 것으로 추측되고 있다.

3.3 한국 운하의 수질관리

‘경인 아라뱃길’ 건설로 발생한 수질오염을 관리하기 위해 한국에서는 여러 가지 대책을 통해 문제점을 개선하려고 노력하고 있다. 유기물을 다량 함유하고 있는 퇴적토로 인한 저층 빈산소존을 개선시키기 위해 주운수로 및 연결수로 구간과 굴현보 상류 구간으로 나누어 준설계획을 수립하였다. 그리고 부영양화 관리를 위해서는 2차오염 및 처리 비용이 발생하는 기존의 물리·화학적 처리방법 보다는 식물이용과 같은 자연정화 방식을 이용하여 처리하는 것이 경제적이고 효율적일 것이다. 또한 부영양화로 인해 발생한 조류 증식에 대한 대책으로는 초음파를 이용하여 세포분열을 억제시켜 조류를 제거하거나 황토살포 또는 기타 응집제를 살포하는 방안을 수립하고 있다. 하지만 일본의 경우는 천적을 이용하는 친환경적 제거방식을 통해 조류를 제거하고 있으며 이러한 부분은 한국과 약간 차이가 있다. 마지막 어류 폐사에 대한 관리는 염분농도를 적정하게 유지하는 방안이 있으나 명확한 원인파악이 미흡한 실정이므로 후속연구가 필요할 것이다. 또한 주운수로에 유입되는 굴포천의 오염물질로 인해 하상부 패 등 수질오염이 심각한 실정이므로 해수로 수질정화를 하는 방법보다는 굴포천의 수질개선을 위하여 오수의 유입을 사전에 차단하여 담수생태계에 미치는 영향을 최소화 하는 방안으로 수립해야 할 것으로 사료된다.

13) 이우재(2008)「경인운하사업의 현황과 기대효과」한국하천협회지 Vol.5 No.2

14) 안태웅 등(2012)「굴포천 유역 내 수질 및 퇴적물의 오염물질 특성 파악에 관한 연구」대한환경공학회 34권 7호

4. 한국과 일본의 운하관리 비교 고찰

과거부터 운하는 대량의 물건을 신속하고 효과적으로 해당지역에 운송하기 위한 주운으로서의 중요한 역할을 수행하여 왔지만 운송방식의 변화로 인해 그 이용률은 많이 저하 되었다. 특히 고도 경제성장 이후 산업 및 경제 발달로 물의 이용과 이에 따른 배출량도 증가하자 폐쇄수역인 운하의 수질이 많이 저하되었으며 다음 <표 4>¹⁵⁾는 운하건설로 인해 예상되는 수생태계 변화에 대해 정리하였다.

<표 4> 운하건설에 따른 수생태계의 변화

정비내용	변화내용	하천생태계 영향
하상굴착	<ul style="list-style-type: none"> ○ 하상형태의 단순화 ○ 지천과의 낙차발생 ○ 하안 식생대 형성 곤란 ○ 지하수위 저하 초래 ○ 단면적 확대에 따른 유속의 완화로 퇴적 가증 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 어류 산란 및 피난장소 감소 ○ 본류 및 지천 간 어류의 왕복불가 ○ 수서 곤충 서식환경 파괴 ○ 고수부지 식생종의 획일화 초래 ○ 어류 개체군의 단순화 초래
저수로의 직선화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 하상 내 심저부의 상실 ○ 하상재료의 균일화 ○ 흐름 형태의 단순화 ○ 수심 균일화 ○ 수온 상승 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 어류 서식 및 산란장 파괴 ○ 갈수기 어류 피난처 상실 ○ 수서곤충 감소 ○ 균일한 실트 및 모래퇴적에 따른 먹이 확보 곤란 ○ 자정능력 감소 ○ 저수로변 식생상태 단순화
보설치	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토사이동 차단 ○ 구조물 상류에서의 이토 퇴적 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 어류의 상하류 통과성 저해 초래 ○ 구조물 직하에서의 어류의 산란 및 서식 장소 및 피난장소 감소
고수부지 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고수부지 높이 획일화 ○ 다양한 형태의 물길 상실 ○ 흐름 형태의 단순화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 어류 서식 및 산란장 감소 ○ 수생곤충 서식환경 파괴 ○ 고수부지 식생종의 대체 및 획일화 초래

일본에서는 위와 같이 운하건설에 따른 문제점을 해결하기 위해 과거부터 오랜 기간동안 많은 노력을 하였다. 하지만 최근에는 시대적 흐름에 맞춰 단순 수질개선 보다는 운하 및 하천에 녹지환경을 조성하여 광자원으로 개발하여 지역경제 활성화에 기여하는 사업을 시행

15) 성덕기(2008) 「운하의 수리시설물에 관한 고찰」 관동대학교 국토방재대학원

하고 있는데 대표적인 사업이 ‘청류 르네상스 21’이다. 이 사업에서 사이타마현(埼玉縣)과 도쿄를 흐르는 아리카와강(有川)을 재정비하면서 각종 교류의 거점을 제공하는 지역교류시설, 체험학습교육시설, 정보센터, 사이버 정보교류시설, 수상버스 관광 등 교통시설을 갖추어서 많은 주민과 관광객에게 여가생활과 휴식공간을 제공하고 있다.¹⁶⁾

또한 일본은 현지 마을 하천 관리자, 하수도 관리자 등으로 구성된 지역 협의회를 설치하여 행동계획의 책정 및 계획에 근거하는 시책을 추진하기 위해 노력하고 있다. 이러한 협의회를 구축하고자 하는 노력은 하천마다 수질 관계 기관끼리 상시 정보교환을 실시함과 동시에 비상사태가 발생했을 경우에 즉시 통보할 수 있도록 연락 체계를 확립하고 있는 ‘수질 오염 방지 연락 협의회’에서도 잘 나타나고 있다. 이 협의회는 전국의 일급 하천 109개의 수계에서는 하천 수질 오염 방지 대책의 실시, 수질 사고시의 정보 수집·전달, 긴급 조치 등에 관한 협력 체제의 확보, 유역의 물 환경 시책의 조정 및 적극적 추진 등의 업무를 수행하고 매년 수질 사고 대책 훈련을 수행하는 등 적극적인 활동을 실시하고 있다. 그리고 하수도 시설 사고 발생에 의해 하천으로 하수 유출시 정보 제공 등 하수도 관련 기관 간에 연계 강화에도 힘쓰고 있다.¹⁷⁾

지금까지의 운하와 하천은 치수공간의 이용목적에만 치중되거나 단순 해상교통수단으로만 이용되어 왔다. 또한 수질오염문제는 총체적 관리가 아닌 단순한 방식의 수질개선사업을 시행하여 왔다. 이러한 인위적인 수질개선 방안은 기존 식생의 종은 줄어들고 수생태계의 교란으로 이어져 자연을 황폐화 시킨다. 아무리 자연형 하천으로 복원시킨다고 하더라도 이에 대한 개념의 혼돈을 이용하여 왜곡된 자연형 하천을 조성하는 것은 바람직하지 못하다. 단순히 1급수의 물이 흐르게 하는 것이 아니라 자연과 인간이 공생하는 친환경적인 운하와 하천을 조성하는 것이 중요하다. 특히 일본의 새로운 수질 지표를 살펴보면 평가항목을 단순 BOD로 평가하는 것이 아니라 ‘사람과 하천의 풍부한 만남의 확보’, ‘풍부한 생태계의 확보’, ‘이용하기 쉬운 수질 확보’, ‘하류 및 체류수역의 영향이 적은 수질 확보’ 와 같이 다양한 관점을 통해 평가할 수 있도록 하였다. 즉, 사람이 물을 다스리는 것이 아니라 공생해야 한다는 의미를 가지고 있다. 다음<표 5>는 새로운 관점에서의 수질관리에 관한 설명이다.

16) http://www.lafent.com/mono/News/?ncode=ReadNews&news_id=5220

17) 国土交通省水管理·国土保全局河川環境課(2012) 『全國一級河川の水質現況』国土交通省

<표 5> 새로운 관점에서 수질관리

등급	설명	등급의 이미지
A	헤엄치고 싶은 깨끗한 강	
B	들어가기 쉬운 강	
C	강 속에 들어가지 않지만, 강에 접근하는 것이 가능한 강	
D	다가가기 어려운 강	

한국도 ‘국토종합계획 수정계획(2006~2020)’과 ‘수자원 장기종합계획 (2006~2020)’을 살펴 보면 알 수 있듯이 국토의 지속가능성을 고려하여 친환경적 개발을 강화하거나 자연형 하천으로 복원하는 계획이 잘 수립되어있다. 이를 바탕으로 ‘경인 아라뱃길’ 개통과 2014년 1월에 완공 예정인 ‘포항운하’의 효과적인 관리가 필요한 시점이다. 그리고 주민들의 참여와 정부, 지방자치단체 그리고 시민단체 간의 거버넌스(Governance) 구축에 관해서는 아직 미흡한 실정이다. 또한 오늘날 운하 및 하천의 관리는 단순 수질개선에 중점을 두는 것이 아니라 지리적 특성에 맞는 수질개선사업을 통해 총체적관점에서 운하 및 하천관리를 해야 한다.

타국에 비해 한국은 운하관리의 역사가 짧고 관련 연구도 미비한 실정이다. 그러므로 국외 성공적인 수질관리 성공사례를 바탕으로 현재 한국에 존재하는 ‘경인 아라뱃길’과 포항운하의 수질 및 수생태계의 관리, 물과 사람의 공생에 대한 의식 개선에 관한 지속적인 후속 연구 수행이 필요할 것으로 보인다.

5. 결론

과거부터 운하는 인류에게 중요한 해상교통수단 이었다. 하지만 고도경제성장기에 접어들어 운송 방식의 패러다임이 변화하면서 운하의 기능은 점점 쇠퇴하기 시작하였다. 그 후 물이용 방식의 변화와 인구증가 등으로 인해 오염물질의 배출이 증가하고 다양해지자 폐쇄수역인 운하의 수질이 급속도로 나빠졌다.

이에 대하여 한국과 일본은 운하의 수질개선을 위해 각 지역의 지리적 특성에 알맞은 수질 개선방안을 계획하여 수행하였고, 일본 운하의 경우 수질이 과거에 비해 많이 개선되었다. 또한 일본은 ‘새로운 관점에서의 하천관리’와 ‘청류 르네상스 21’을 통해 자연형 하천 및 운하를 바탕으로 사람과 물의 공생관계를 강조하였고 정부와 지방정부 시민단체간의 거버넌스(Governance) 구축을 통해 선진화된 시민의식으로 운하 및 하천관리에 임하였다.

앞으로는 물을 다스리는 치수 보다는 사람과 자연의 공생관계를 통한 자연형 운하 및 하천으로 복원하는 것이 바람직하다. 2012년 “경인 아라뱃길” 개통 후 저층 빈산소존 형성, 부영양화, 어류폐사와 같은 문제가 발생하였으며 2014년 1월 포항운하가 완공된 만큼 앞으로는 한국에서도 운하관리가 시급한 시점이다. 일본에 비하여 한국운하의 역사는 짧고 관련 연구도 미비한 실정이다. 그러므로 본 연구가 효율적이고 친환경적인 운하관리를 위한 기초자료로 활용되기를 기대한다.

【參考文獻】

- 박상국(2009)「운하의시대가 도래하는가?」 한국기술사회 Vol.42 No.2
- 변창흠(2008)「국토의 계획적 관리와 한반도대운하특별법의 문제」 민주법학 제37호
- 성낙준(2003)「경인운하 건설사업 추진실태」 감사원(계간감사) 가을호
- 성덕기(2008)「운하의 수리시설물에 관한 고찰」 관동대학교 국토방재 대학원
- 안태웅 등(2012)「굴포천 유역 내 수질 및 퇴적물의 오염물질 특성 파악에 관한 연구」 대한환경공학회 34권 7호
- 이명로(1997)「한국의 운하개발계획」 한국도로학회지 No.73
- 이우재(2008)「경인운하사업의 현황과 기대효과」 한국하천협회지 Vol.5 No.2
- 이태관(2012)「한국과 일본의 물관리행정 비교 고찰」 『일본근대학연구』40집
- 최홍식(2008)「운하건설에 따른 생태환경 변화 및 영향」 한국수자원학회 제41권 5호
- 21世紀の尼崎運河再生協議會(2008)「21世紀の尼崎運河再生プロジェクト基本計画」 尼崎運河再生実行委員會
- 江戸川河川事務所 調査課 オオクママサシ(2012)「利根運河の水質改善に向けた導水についての一考察」 国土交通省関東地方整備局
- 名古屋商工会議所(2008)「これからの中川運河のあり方」名古屋港研究會
- 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課(2012)「平成24年 全國一級河川の水質現況」 国土交通省

環境省 水・大気環境局(2012)「平成 23 年度公共用水域水質測定結果」環境省
国土交通省水管理・国土保全局河川環境課(2008)「河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル」国土交通省
山中 亮一 等(2010)「尼崎運河に設置した小水路における藻類を用いた水質改善手法の現地実験」土木学会論
文集B2(海岸工学) Vol.66, No.1

http://www.lafent.com/mono/News/?ncode=ReadNews&news_id=5220

<https://maps.google.co.kr/>(검색어:일본)

논문투고일 : 2013년 12월 10일

심사개시일 : 2013년 12월 20일

1차 수정일 : 2014년 01월 09일

2차 수정일 : 2014년 01월 15일

게재확정일 : 2014년 01월 20일

〈要旨〉

한국과 일본의 운하발전과 수질관리 비교

과거부터 운하는 인류에게 중요한 해상교통수단 이었다. 하지만 패러다임의 변화로 인해 운하의 기능은 점점 쇠퇴하였고 폐쇄수역인 운하로 각종 하·폐수가 유입되면서 운하의 수질은 급속도로 나빠졌다. 따라서 운하의 관리가 중요한 시점이다. 이를 개선하기 위해 일본은 각 지역의 지리적 특성에 적절한 수질개선방안을 수행하였다. 특히 새로운 관점에서의 하천관리와, 청류 르네상스 21를 통해 사람과 물의 공생관계와 정부, 지방정부, 시민단체간의 거버넌스(Governance) 구축을 강조하여 하천관리에 임하였다.

최근 한국에서도 운하가 완공됨에 따라 수질문제가 발생하고 있다. 이에 대해 성공적인 사례를 바탕으로 운하관리를 하는 것이 바람직하다.

Comparative study on the canal development and water management between South Korea and Japan

The purpose of this paper is to examine the water quality of canals in Korea and Japan. The canal used to be an important maritime means of transportation. As sewage was flowing into the closed water in canals, the quality of water in canals has been rapidly deteriorated. Therefore, it requires further consideration of how to manage the canals.

Japanese government planned to fulfill water quality improvement corresponding to the geographical characteristics of each region in Japan. Specifically, Japan tried to work on the river management, emphasized the governance built up among the government, local governments, and non-governmental organization, and pursued a symbiotic relationship of people and water by the Clear Stream Renaissance 21, the new concept of river management.

Korean government has recently completed the canals in south Korea, and it resulted in certain water quality problems. To refer to history, it is recommended to investigate the successful cases of managing water quality of canals in Japan, and to derive ideas of how to manage the canals in Korea.