

라인강 상류의 홍수방어와 생태계복원 전략



김혜주 ▶▶▶

김혜주자연환경계획연구소 소장
hjkim@lapla.co.kr

1. 서론

최근 정부에서 소위 고용창출의 일환으로 4대강(한강, 영산강, 금강, 낙동강)정비를 실시한다고 하는데, 아직 4대강 정비에 대한 구체적인 설계도서나 보고서가 공식적으로 발표되지 않았기 때문에, 대중매체를 통한 정부의 발표를 근거로 4대강 정비의 핵심적인 내용을 살펴보면 다음과 같다: 첫째, 노후 제방의 보강 및 퇴적구간의 정비, 하천의 생태계복원, 둘째 홍수저류공간의 확보를 위한 중소규모의 댐설치, 하천변저류지 및 저수지 재개발, 셋째로 하천의 상~하류간의 연계를 위한 자전거길 조성, 넷째는 친환경적 보의 설치이다. 아울러 추가적 정부설명에 의하면 정부의 4대강 정비사업의 가장 큰 목적은 홍수피해를 막아서 재산피해액(연간 1조 7000억원)을 감소시키고, 수질악화를 방지하고, 보나 댐으로 갈수기에 수량을 확보하면서, 한편으로는 하천의 친수성과 생태성도 고려한다는 것이다. 위의 내용 중에서 “제방의 보강과 퇴적구간의 정비”라는 것이 혹여 저수로 폭의 확폭과 저수로의 깊이를 기존보다 낮추고, 제방을 높인다는 것은 아닌지 걱정스럽다. 왜냐하면 제방을 높게 만들고 저수로를 깊게 파는 것들은 중세시기에 하던 치수방식이 21세기의 치수방안은 아니기 때문이다. 또한 “친환경적 보 또는 댐”으로 수량을 확보하면서 하천의 물을 흐르지 못하게 하는 상태에서 어떻

게 하천의 자정작용을 가능하게 할 것이며, 이것은 또한 하천의 연속성회복을 추구하는 하천의 생태계복원과도 역행하는 작업인데 어떻게 하천복원을 이룬다는 것인지 잘 이해할 수 없다. 거두절미하고 국내의 가장 주요한 4대강에 대한 정비라면 고용창출이 우선하는 임시방편적인 치수대책이 아니라, 무엇보다 그동안의 고질적인 문제점을 해결할 수 있는 근본적인 대책이 되어야만 한다고 사료된다. 특히 이상기후에 대비한 미래지향적 치수방안으로, 동시에 훼손된 생태계를 회복시킬 수 있는 신세기적 진보적인 방안을 4대강 정비에 적용해야만 할 것이다. 이에 본 고를 통하여 유럽의 여러 나라를 관통하는 라인강의 홍수방어대책 및 하천 생태계 회복전략을 간략하게 소개하고자 한다.

2. 라인강의 자연적 특성 및 개황

라인강(der Rhein)은 아래의 그림에서처럼 스위스의 알프스 고도 2,344 m에서 발원하여 북해(Nordsee)로 유입하는 총길이 1,324 km, 평균유량(MQ)은 보덴제(Bodensee)에서 230 km³/s, 바젤(Basel)에서 1,060 km³/s, 리스(Rees)에서 2,000 m³/s이다. 유역면적은 198,735 km²로서 스위스, 오스트리아, 독일, 프랑스, 네델란드를 통과하는 대규모 하천이며 일반적으로 4개의 구역으로 구분한다. 즉 그림 1에서 보이는 것처럼 최상류역:푸른색(Hochrhein), 상류역:연녹색(Oberrhein), 중류역:노랑(Mittelrein), 하류역: 연한 주황(Niederrhein)이다. 특히 전체 유로 연장 중 883 km는 배가 다닐 수 있는데, 이는 세계에서 가장 긴 하천의 항로이다

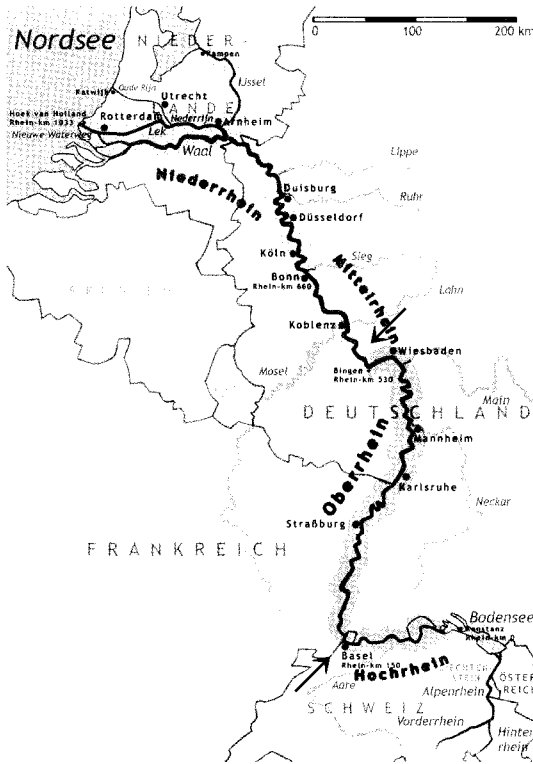


그림 1. 라인강의 구분

- Hochrhein: 최상류의 라인강=Hinterrhein~Basel,
- Oberrhein: 상류의 라인강=Basel~Bingen,
- Mittelrhein: 중류의 라인강=Bingen~Bonn,
- Niederrhein: 하류의 라인강=Bonn~Hoeck van Holland (www.wikipedia.de)

(Ministerium f. Umwelt u. Verkehr, 1997).

본 고에서는 라인강 상류에 해당하는 바젤(Basel)과 빙엔(Bingen)사이의 350 km(그림 1, 화살표)의 프로젝트 구간을 대상으로 하였는데, 이 구역의 지질은 규산염(SiO₂)을 기저로 하며 하천의 종류는 타입 19(저지대의 하천유형)와 타입10(규모가 큰 산지의 자갈하천)으로 이루어져 있다(Umweltministerium Baden - Wuerttemberg, 2008). 이 구역의 잠재 자연식생은 아래의 자연환경 및 출현식생과의 분석그림에서 보이는 것처럼 ① 침수가 없는 곳으로 토양이 건조하고 토층이 얇으며, 지하수위로부터 거리가 멀리 떨어져 있고, 자갈인 하상에는 토도리나무, 보리수나무군락이, ② 침수가 없으며, 토양이 신선한 곳으로 토층이 깊고, 지하수위로부터 거리가 떨어져 있

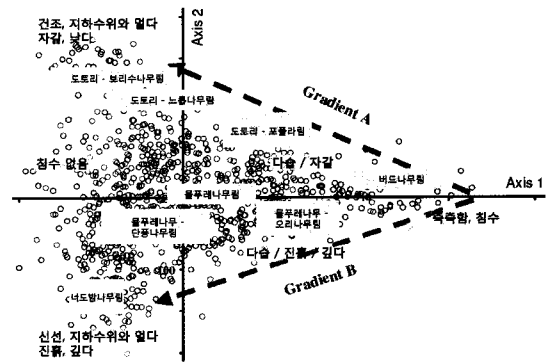


그림 2. 라인강 상류의 하원림과 자연환경 (Aldinger & Hauschild, 2005)

는 진흙의 하상에는 너도밤나무군락이 서식하고, 반대로 ③ 침수가 되며, 토양이 축축한 곳에는 버드나무군락이 출현하고 있다. 그리고 ①, ② 와 ③의 중간 환경(다습)에는 도토리, 포플러, 물푸레나무, 오리나무가 주요 하천식생이다.

3. 라인강 상류의 정비에 따른 생태적 치수적 변화

약 150여년 전의 라인강은 원시의 자연적 하천이었다. 즉 바젤(Basel)과 라우터(Lauter)하구의 라인강의 하도는 심하게 사행하였고, 수시로 변화하는 홍수터는 그 폭이 약 2~3 km에 달하였다. 아울러 아래의 그림에서처럼 많은 샛강 및 하중도와 자갈사주가 있었다. 그러나 1871~1880년 라인강은 뱃길을 위하여, 그리고 농경지의 효율적 이용을 위하여 요한 고틀라드 툴라(Johann Gottfried Tulla)의 설계에 따라서 처음으로 정비되었다. 그 정비내용은 라인강의 사행하는 여러 샛강을 복개하는 것이었고, 주수로로 200~240 m 로 확장하면서 바젤(Basel)과 브웜(Worm) 사이의 하도는 354 km에서 273 km로 축소시키고, 홍수터는 기존의 2~3 km에서 1~2 km로 제한하였다.

1906년 툴라(Tulla)의 뒤를 이어 혼젤(Honsell)은 라인강의 하안에 돌을 채워 수면위로 높게 수제를 설치하여 물은 저수로 내에만 있을 수 있도록 하였다.

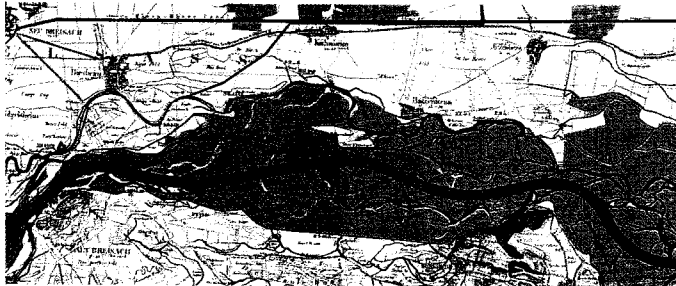
이렇게 조성된 깊이 2 m, 폭 75 m~100 m의 저수로
 는 바젤(Basel) 까지 연중 배가 다니는 것을 가능
 하게 하였다. 위와 같은 라인강 상류의 정비는 하천
 인접지의 일부를 제외한 많은 홍수터를 소멸시켰다.
 한 가지의 예로서 바젤(Basel)의 맥트(Maekt)와
 칼수루헤(Karlsruhe)까지의 제방축조로 660 km²의
 홍수터가 사라졌고, 남부 라인강 침식의 가속화는 추
 가적으로 80 km²의 홍수터도 사라지게 하였다. 이것
 은 또한 주기적인 침수(홍수)에 종속적인 홍수터 특유
 의 동식물 서식처를 변화시키게 하였다.

1919년 베르사이 조약 (Versailler Vertrag) 358

조: “프랑스는 라인강 상류에서 물을 이용하여 수력
 발전을 할 수 있다”에 따라서 1928년~1977년 사이
 에 10개의 낙차공이 라인강 상류에 설치되었다. 즉
 맥트(Maerkt) ~ 브라이작(Breisach)사이
 (1928~1958년), 브라이작~스트라스부르크(Breisach
 ~ Strassburg)사이(1959~1970년), 감스하임~이헤
 프하임(Gamsheim ~ Iffezheim)(1970~1977년).
 이로 인하여 다시금 넓은 홍수터는 소멸되었을 뿐 아
 니라, 그 이유로 정비구간의 하류(Iffezheim)에는 홍
 수위험이 상승하게 되었다. 그리고 130 km²의 홍수
 터와 지금은 희귀한 생물이 되어버린 물총새의 일종



a: 1828년 정비전의 라인강 상류의 하도



b: 1872년 툴라(Tulla)의 설계에 의한 라인강 상류의 정비후의 하도
 많은 사행 샛강이 사라지고, 본류의 폭은 200 m로 확대되었음



c: 1963년 라인강변운하 건설

그림 3. 라인강 상류의 정비에 따른 하도변화(Ministerium f. Umwelt u. Verkehr, 1977)

(Eisvogel), 수달, 황새의 일종(Schwarzstorch) 등이 사라졌다.

4. 라인강 상류의 홍수방어전략

독일을 선두로 라인강 상류의 정비에 의하여 상승되어지는 홍수의 위험으로부터 재산을 보호하고, 아울러 사라져가는 생물종을 보호하기 위한 효과적인 대책을 모색하게 되었다. 즉 환경친화적인 홍수방어와 가능한 한 자연에 가까운 홍수터 보전과 복원을 목표로 1996년 연방주 바덴-브르템베르그(Baden-Wuerttemberg)에서 IRP(Das Integrierte Rheinprogramm)를 수립하였다. IRP의 계획은 단순히 수자원적 필요성 뿐만 아니라 홍수방어를 위한 생태적 목표를 포괄하는 것으로 연방주 바덴-브르템베르그(Baden-Wuerttemberg)의 바젤(Basel)과 만하임(Mannheim)사이의 라인강과 연방주 라인란트-팔츠(Rheinland-Pfalz) 그리고 프랑스 구역에서 동시에 홍수방어를 실시하도록 합의하여 라인강 상류의 홍수를 근본적으로 철저히 방지하고자 하는 것이 목적이었다. 이를 위하여 바덴-브르템베르그(Baden-Wuerttemberg)주는 예를 들면 아래의 그림에서 처럼 라인강변 13개소에 홍수저류지를 만들어 예전의 자연적 홍수터를 복원하는 것이며(파란색), 녹색은 침수를 허용하는 면적이다. 기타 파란색의 점선이 가리키는 것은 제방선을 확대하는 계획이다. 저류 규모는 Baden-Wuerttem의 라인강변 1억 7000 m³가 필요한 것으로 계산되었다(220년 홍수빈도). 위의 계획에 따르면 1995년 기준 라인강의 저지대에는 2020년 까지 홍수피해를 25% 저감시키고, 라인강 상류의 저류시설에 의하여 이상 경우 발생시에 70 cm까지 수심을 낮출 수 있도록 계획하였다(IKSR=(Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, 2001).

IRP와 IKSR(2001, 2005)의 주요 홍수방어 및 생태성 복원전략은 다음에서와 같다:

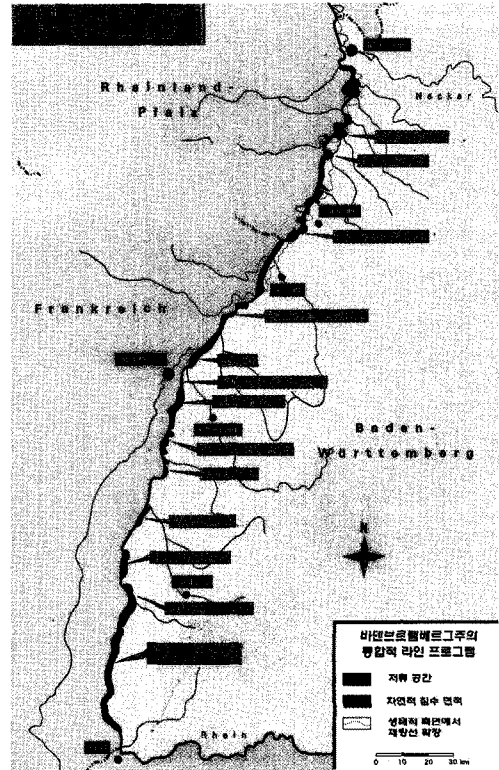


그림 4. 라인강 상류의 홍수방어계획

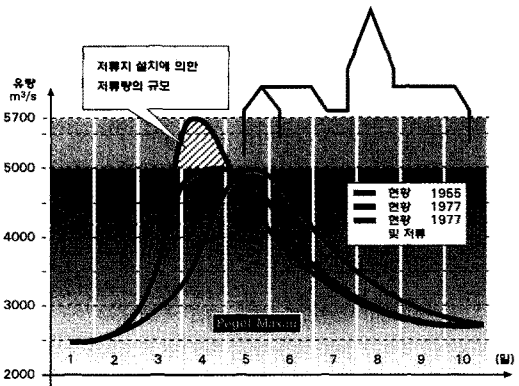


그림 5. 수심 측정장소 막사우(Maxau): 홍수빈도 220년 기준, 저류지 설치 시 약 700m³/s 유량저류가 가능

- Polder(인위적으로 침수시키는 토지)의 설치: Polder(폴더)는 아래의 그림에서 보이는 바와 같이 라인강의 물이 항상 흘러들 수 있도록 유입구가 장치되어있으며, 때에 따라서 물의 흐름을 조절하는 배수문이 있다. 따라서 홍수시 일정량

의 유량을 저류할 수 있는 효과적인 방안이다.

- 제방선의 확장:

이것은 라인강의 기존 특성을 고려하여 홍수시에 넓은 침수면적을 제공하여 라인강 본류의 유량 및 유속저감을 위한 방안이며 가장 자연적 홍수방지 방법이다.

- 우각호와 본류와 연결:

현존하는 라인강의 지류와 기존의 본류를 연결하여 다시 물이 흐르도록 하는 방안이다.

- 라인강의 지천에 대한 하천복원:

생물서식처 특히 어류의 통과성과 산란을 고려한 방안이다.

- 비오톱 네트워크 구축:

홍수터와 홍수터 밖의 비오톱을 서로 연결하여 다시 자연적인 동식물의 서식공간이 발생되어지게 하는 방안이다.

- 습지복원:

기존의 습지가 오랜 기간 동안 침수가 되지 않아 건조한 곳에 대하여 더 이상의 배수를 금지하여 다시 습지로 되돌리는 방안이다.

- 라인강 상류의 하원림 보전:

기존에 존재하는 일부 하원림을 방치하는 것이 아니라 보호하고 보전하는 조치방안이다.

5. 결론

홍수의 위협으로부터 재산과 인명을 보호해야 하는 것은 하천관리자의 당연한 의무이다. 그러나 최근 발생하는 지구온난화의 영향에 의한 이상기후는 선진화된 예측시스템을 갖추고도 때때로 예측이 빗나가는 경우가 있어서 단순히 하천관리자만의 책임으로 돌릴 수는 없다고 생각한다. 어찌되었든 홍수피해를 감소시키기 위한 사후대책보다는 기상이변 이전보다 더 철저한 사전방어대책이 필요하다는 것이다. 하지만 “물을 빨리 흘러나가게 하는 것”만으로 또는 제방을 높게 쌓아서 “물이 넘치지 못하게 하는” 식의 임시적 홍수방어는 설사 다른 어떤 종류의 친환경적 설계가 포함되어진다고 할 지라도 근본적으로 하천의 생태성을 전혀 고려하지 못하는 구시대적 하천관리이다. 국내에도 국가차원의 연구단에서 이미 홍수터복원에 대한 필요성을 인지하고, 그에 대한 연구를 시작하였으며 조만간 연구결과가 나온다면 실무에 충분히 활용될 수 있을 것이다. 따라서 서두를 것이 아니라 그러한 새로운 연구결과에 의거한 점진적이며 장기적인, 즉 유럽에서처럼 홍수방어와 동시에 훼손된 하천의 생태성을 복원할 수 있는 4대강의 정비계획이 마련되어지길 기대한다.

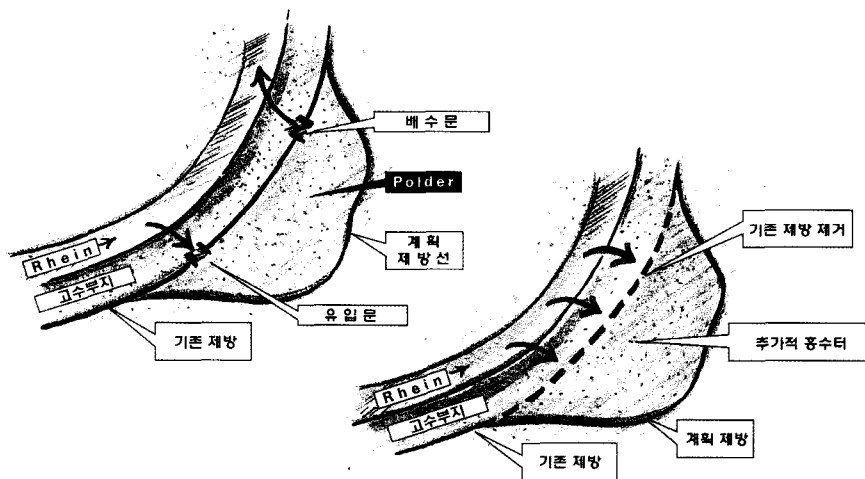


그림 6. 좌: 기존 제방을 그대로 두는 경우, 우: 기존 제방을 뒤로 확장하는 경우

참고문헌

- Aldinger & Hauschild(2005), Erhaltung der biologischen Vielfalt in den Auenwäldern am Oberrhein. In: Jahresbericht 2005. Der Forstlichen Versuchs - und Forschungsanstalt Baden -Wuerttemberg(FVA). Freiburg.
- IKSR(2005), Umsetzung des Aktionsplans Hochwasser.
- IKSR((2001), Rhein-Ministerkonferenz (2001), Rhein 2020. Programm zur nachhaltigen Entwicklung des Rheins.
- Ministerium f. Umwelt u, Verkehr (1997), Das Integrierte Rheinprogramm Hochwasserschutz und Auenaturierung am Oberrhein, Lahr.
- Umweltministerium Baden - Wuerttemberg (2008), Bewirtschaftungsplan, Bearbeitungsgebiet Oberrhein(Baden - Wuerttemberg). Karlsruhe.
- www.wikipedia.de 🇩🇪