US Army Corps
of Engineers
Hydrologic Engineering Center

HEC-EFM
Ecosystem Functions Model

Quick Start Guide

Version 5.0
June 2020

Korean translation January 2022

Approved for Public Release. Distribution Unlimited.

CPD-80a

REPORT DOCUMENTATION PAGE

Form Approved OMB No. 0704-0188

The public reporting burden for this collection of information is estimated to average 1 hour per response, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the collection of information. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this collection of information, including suggestions for reducing this burden, to the Department of Defense, Executive Services and Communications Directorate (0704-0188). Respondents should be aware that notwithstanding any other provision of law, no person shall be subject to any penalty for failing to comply with a collection of information if it does not display a currently valid OMB control number.
PLEASE DO NOT RETURN YOUR FORM TO THE ABOVE ORGANIZATION.

1. REPORT DATE *(DD-MM-YYYY)*	2. REPORT TYPE	3. DATES COVERED *(From - To)*
Jun 2020; *translated Jan 2022*	Computer Program Documentation	

4. TITLE AND SUBTITLE	5a. CONTRACT NUMBER
HEC-EFM Ecosystem Functions Model Quick Start Guide Version 5.0	5b. GRANT NUMBER
	5c. PROGRAM ELEMENT NUMBER
6. AUTHOR(S) John T. Hickey *Korean translation by Professor Joo-Heon Lee, Hydrologic Research Lab, Joongbu University, South Korea*	5d. PROJECT NUMBER
	5e. TASK NUMBER
	5F. WORK UNIT NUMBER

7. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)	8. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER
US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center (HEC) 609 Second Street Davis, CA 95616-4687	CPD-80a
9. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)	10. SPONSOR/ MONITOR'S ACRONYM(S)
	11. SPONSOR/ MONITOR'S REPORT NUMBER(S)

12. DISTRIBUTION / AVAILABILITY STATEMENT
Approved for public release; distribution is unlimited.

13. SUPPLEMENTARY NOTES
Also, see HEC-EFM User's Manual, CPD-80

14. ABSTRACT
The Ecosystem Functions Model (HEC-EFM) is a planning tool that aids in analyzing ecosystem response to changes in flow regime. The Hydrologic Engineering Center (HEC) of the U.S. Army Corps of Engineers is developing HEC-EFM to enable project teams to visualize existing ecologic conditions, highlight promising restoration sites, and assess and rank alternatives according to the relative change in ecosystem aspects.

15. SUBJECT TERMS
HEC-EFM, Ecosystem Functions Model, ecosystem modeling, ecosystem restoration, time series analysis, hydraulic modeling, Geographic Information Systems, river and wetland flow regimes, ecological relationships

16. SECURITY CLASSIFICATION OF:			17. LIMITATION OF ABSTRACT	18. NUMBER OF PAGES	19a. NAME OF RESPONSIBLE PERSON
a. REPORT	b. ABSTRACT	c. THIS PAGE			19b. TELEPHONE NUMBER
Unclassified	Unclassified	Unclassified	Unlimited	86	

HEC-EFM
Ecosystem Functions Model

Quick Start Guide

Version 5.0
June 2020

Korean translation January 2022

US Army Corps of Engineers
Institute for Water Resources
Hydrologic Engineering Center
609 Second Street
Davis, CA 95616

(530) 756-1104
(530) 756-8250 FAX
www.hec.usace.army.mil

CPD-80a

Ecosystem Functions Model, HEC-EFM, Quick Start Guide

2020. This Hydrologic Engineering Center (HEC) documentation was developed with U.S. Federal Government resources and is therefore in the public domain. This document may be used, copied, distributed, or redistributed freely. However, it is requested that HEC be given appropriate acknowledgment in any subsequent use of this work.

Use of the software described in this document is controlled by certain terms and conditions. The user must acknowledge and agree to be bound by the terms and conditions of use before the software can be installed or used.

HEC cannot provide technical support for this software to non-USACE users; therefore, non-USACE individuals and organizations should use any internet search engine to locate a vendor that can provide support for the HEC software of interest. However, HEC will respond to all documented instances of program errors. Documented errors are bugs in the software due to programming mistakes not model problems due to user-entered data.

This document contains references to product names that are trademarks or registered trademarks of their respective owners. Use of specific product names does not imply official or unofficial endorsement. Product names are used solely for the purpose of identifying products available in the public market place.

Microsoft, *Window*s, and *Excel* are registered trademarks of Microsoft Corp.

ArcGIS, ArcView and *ArcInfo* are trademarks of ESRI, Inc.

Table of Contents

Chapters

1 소개 1-1

2 사용자 인터페이스 2-1

2.1 속성 정보 2-2
2.2 입력 변수 2-3
2.3 모의결과 2-6
2.4 입력 변수 조합 2-6

3 HEC-EFM 의 계산기능 3-1

3.1 모의기간 3-1
3.2 지속기간 3-1
3.3 변화율 3-2
3.4 시계열 정보 3-4
3.5 Reverse Lookups 3-5
3.6 기타 기능 3-7
3.6.1 생태지수(Ecovalue) 및 생태지수의 변화 3-7
3.6.2 날짜 및 날짜 변화 3-9
3.6.3 생태지수 합계 및 합계의 변화 3-11
3.6.4 Indices 3-12
3.7 모의기간에 대한 유량 지속기간 분석 3-13
3.8 결측자료 관리 3-14

4 예제 프로젝트 4-1

4.1 입력 변수 구축 4-1
4.1.1 Little minnow 산란기 서식처 4-1
4.1.2 Big bass 겨울 서식처 4-2
4.1.3 저서성 대형 무척추동물 종 다양성 4-3
4.1.4 습지 건강성 4-3
4.1.5 수변 식생 이입 및 침수 4-4

4.2 모델 설정 4-6
4.2.1 새로운 프로젝트 생성 및 유황설정 4-6
4.2.2 생태수문 입력 변수 정의 4-10
4.2.3 결과 4-15
4.2.4 HEC-EFM Output 4-18
4.2.5 HEC-EFM Plotter 사용하기 4-15
4.3 수리 해석 4-26
4.3.1 HEC-RAS 4-27
4.3.2 HEC-GeoRAS 와 HEC-RAS Mapper 4-28
4.4 HEC-EFM 분석과 GIS 분석 4-28
4.4.1 HEC-GeoEFM 4-32

5 HEC-EFM 적용 5-1
5.1 기존 애플리케이션 활용 5-1
5.2 Large-Scale Applications 5-2
5.2.1 유황 데이터 일괄 추가 5-2
5.2.2 그룹 관리 5-3
5.2.3 결과값 관리 5-4
5.3 결과 보기 옵션 5-5
5.4 2 차원 정보 사용 5-7
5.5 설계에 적용되는 HEC-EFM 5-10

6 언어지원 6-1
6.1 언어 5-1
6.2 언어 생성 및 관리 5-2
6.3 새로운 소프트웨어 버전과의 호환성 5-5
6.4 Opportunities and Resources 5-7

7 결론 7-1

8 이용약관 8-1

CHAPTER 1

소개

생태계 기능 모델 (HEC-EFM)은 유황 변화에 대한 생태계 반응을 분석하는데 도움이 되는 계획 모델입니다. 미육군공병단의 수문 공학 센터 (HEC)는 프로젝트 팀이 기존 생태 조건을 시각화하고, 유망한 복원 장소를 강조하고, 생태계 측면의 상대적 변화에 따라 대안을 평가하고 순위를 매길 수 있도록 HEC-EFM 을 개발하고 있습니다.

HEC-EFM 분석의 핵심은 "매개변수"입니다. 매개변수는 1)모의기간(Season), 2)지속기간(Duration), 3)변화율(Rate of change), 4)초과확률(Percent exceedance)의 4 가지를 조합하여 수문기상자료(유량과 수위)의 특성을 생태계의 요소와 연계시킵니다.

입력 변수탭에 매개변수가 적용된 이후 HEC-EFM 은 통계분석을 수행하여 유량을 분석하고 입력된 시계열자료를 바탕으로 생태수문 입력 변수에 대해 단일 값을 생성합니다. 다음 단계로는 서로 다른 프로젝트 시나리오를 비교하여 생태계 건강성에 대한 방향성을 제시하기 위해 과정을 반복 할 수 있습니다(그림 1).

HEC-EFM 분석에는 통계적 계산 외에도, 일반적으로 수리모델링(HEC-RAS)이 포함되며, 이 모델링을 통하여 통계분석 결과를 수심, 속도 및 침수 구간의 수면형과 공간 레이어로 변환할 수 있습니다. 다음 단계로는 GIS(Geographic Information System)를 사용하여 생성된 레이어와 기타 관련 공간 데이터(예: 토양, 식물 및 토지 이용 지도)를 표현할 수 있습니다.

HEC-EFM 의 필요한 데이터는 연구자가 원하는 세부사항과 관련이 있습니다. 통계해석에 의한 결과를 원하는 경우 필요한 데이터는 분석할 유황과 생태수문학적 관계로 구성됩니다. 사용자가 통계 결과를 공간적으로 시각화하려는 경우, 시계열 유량 데이터 및 수위 데이터, 생태수문학적 관계, DEM 자료, 지리정보를 포함하는 모델(HEC-RAS) 및 생태계 문헌과 관련된 공간 데이터를 포함한 데이터(및 소프트웨어) 요구사항이 필요합니다.

본 메뉴얼은 개요(2 장), 생태계 기능 모델로 수행되는 해석에 대한 설명(3 장), 생태계 기능 모델 구동 예제 (4 장) 및 다양한 응용 프로그램에 대한 정보(5 장)를 제공합니다. 또한 사용자가 다양한 유형의 정보를 쉽게 찾을 수 있도록 구성되었습니다. *이태릭 글꼴*은 HEC-EFM 의 메뉴를 통해 수행할 수 있는 *소프트웨어 기능*을 구분하는데 적용됩니다. <u>밑줄</u>은 생태계 기능 모델의 <u>입력 데이터</u>를 구분하는데 사용되며, 예시 프로젝트에서 사용되는 유황 및 입력 변수의 이름이 포함됩니다. **굵게** 표시된 글자는 개별 섹션에 대한 **주요 정보**를 강조하는 데 사용됩니다.

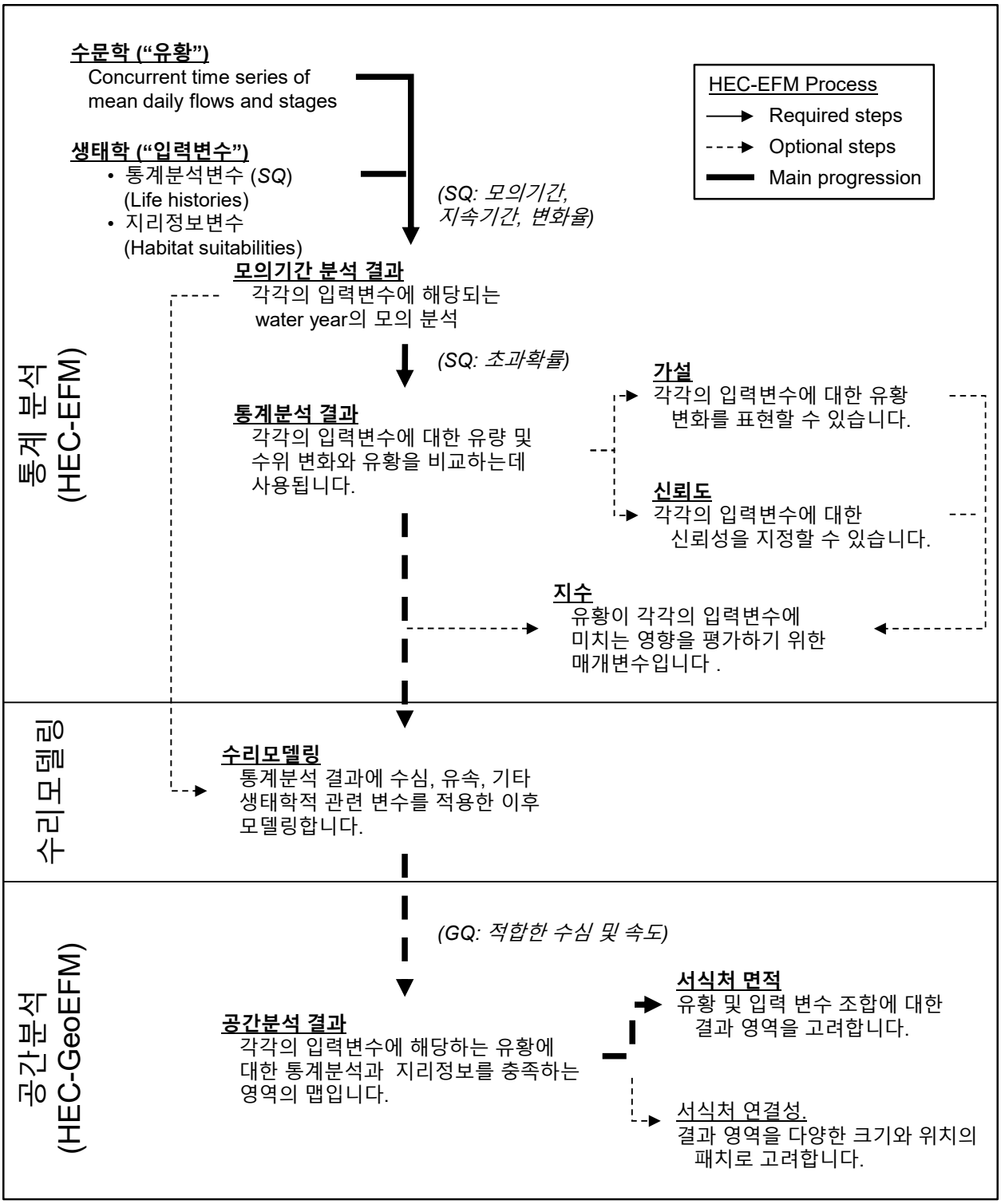


그림 1. HEC-EFM 을 적용하는 과정에는 통계분석, 수리모델링 및 공간분석이 포함됩니다. 주요 입력 데이터는 관심이 되는 생태계 종(예 : 모의기간, 지속기간 및 빈도)의 서식조건과 같은 생태학적 정보입니다.

CHAPTER 2

사용자 인터페이스

HEC-EFM 의 기본 인터페이스는 제목 표시 줄, 일련의 메뉴, 4 개의 탭 (*속성 정보, 입력 변수, 모의 결과 및 입력 변수 조합*), 메시지 표시 줄 및 계산(그림 2)로 구성됩니다. 대부분의 주요기능은 탭에 있습니다. 이 섹션의 나머지 부분에서는 다양한 탭에 대한 자세한 정보를 제공합니다.

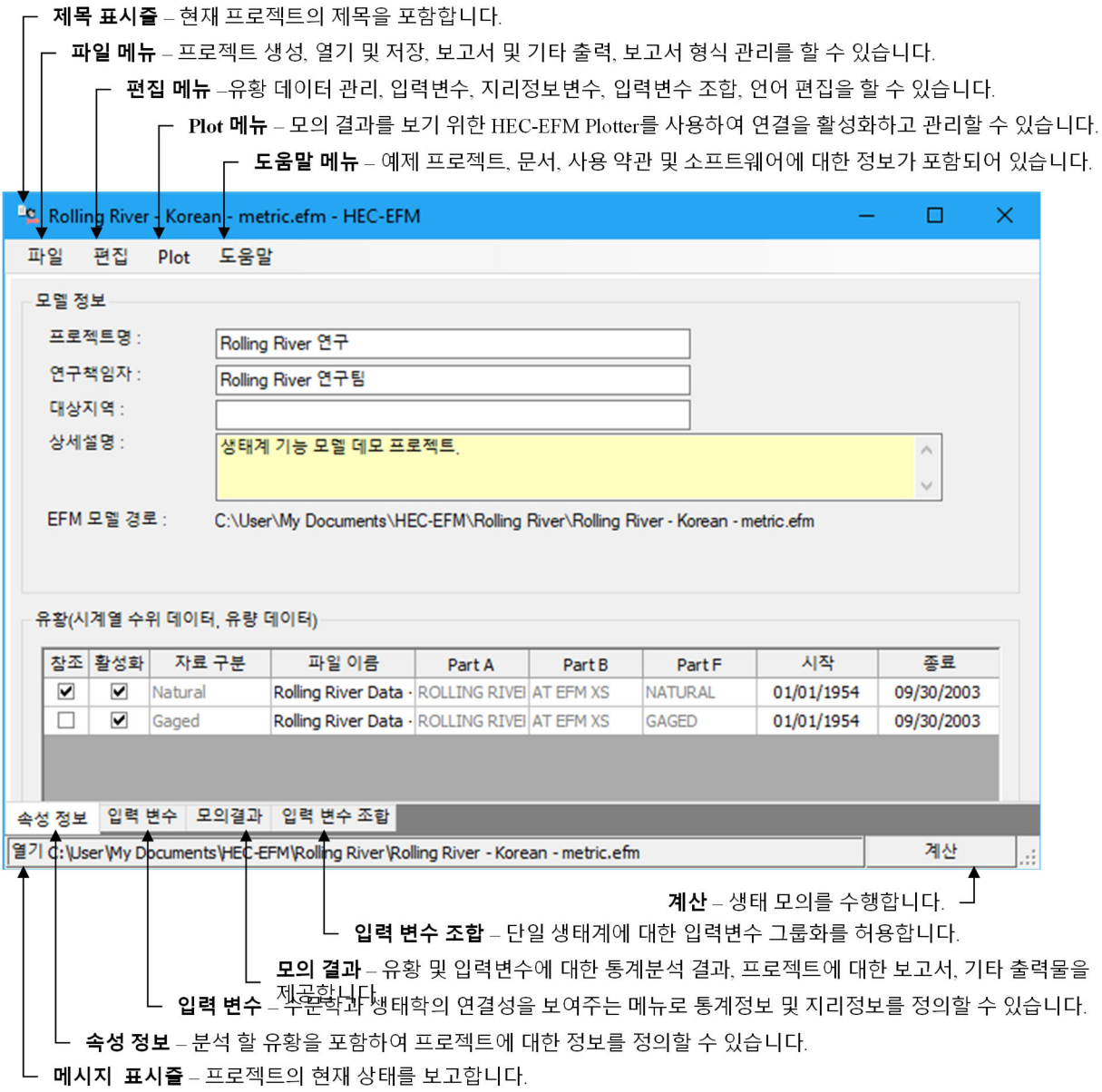


그림 1. HEC-EFM 인터페이스의 구성 요소

2.1 속성 정보

속성 정보 탭에는 생태계 기능 모델의 구동을 위한 정보가 포함되어 있으며 *모델 정보*와 *유황 자료*(그림 3)의 두 프레임으로 나뉩니다.

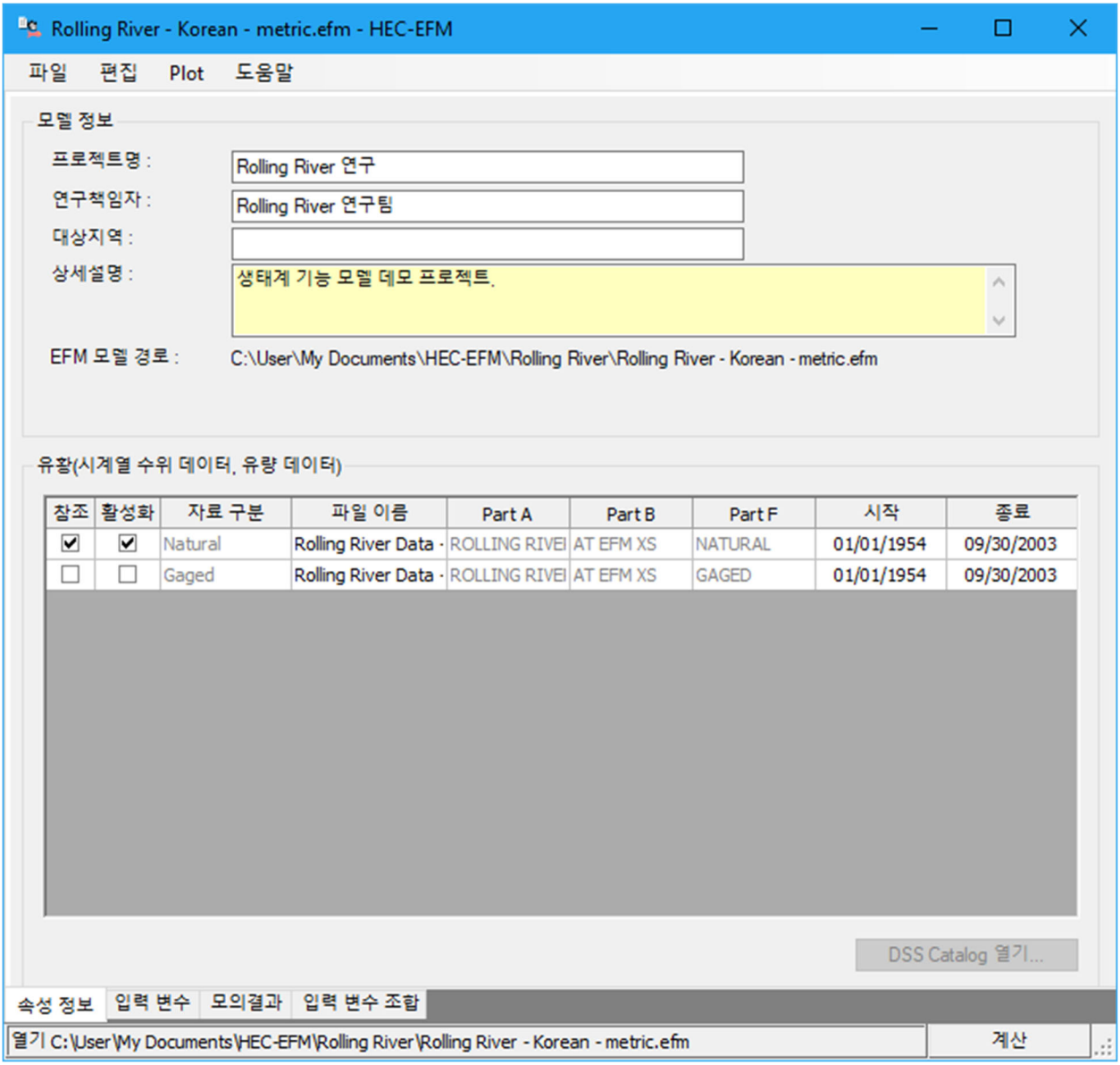


그림 3. HEC-EFM 의 속성 정보 탭은 프로젝트에 대한 정보를 문서화하고 분석 할 유황 자료를 정의하는데 사용됩니다. 두 가지 유황 자료(자연유량 및 관측유량)가 보입니다.

모델 정보 – *모델 정보*는 프로젝트에 해당되는 메타데이터(프로젝트명, 연구책임자 및 설명)를 문서화합니다.

유황 분석 – HEC-EFM 모델에서 "유황 분석"은 대상 유역의 동일한 관측소에서 두 개의 시계열 유황 자료(수공구조물 건설 전 후)로 정의됩니다. 일반적으로 유황은 일 평균 유량 자료와 수위 자료로 구성됩니다. HEC-EFM 은 미육군공병단에서 개발한 (HEC-DSS, Data Storage System) 데이터 저장 시스템에서 여러 텍스트 형식 (즉, 쉼표로 구분, 공백 및 탭으로 구분)의 입력 데이터를 허용합니다.

(HEC-DSS)는 HEC 모델에서 시계열 및 기타 데이터를 저장하는데 사용하는 소프트웨어이며, (HDF)는 2 차원 결과를 저장하기 위해 HEC 모델에서 사용하는 소프트웨어입니다. 유황 분석의 시작 일자 와 종료 일자는 사용자가 지정하므로 입력된 데이터 기간의 일부만 분석 할 때 편리한 기능이 될 수 있습니다.

2.2 입력 변수

HEC-EFM "입력 변수"는 수문학과 생태학 사이의 연관성을 통계적으로 분석하는 탭입니다. 입력 변수는 일반적으로 전문가들의 전문 지식과 생태 문헌의 조합을 통하여 과학자 및 엔지니어팀에 의해 개발됩니다. 입력 변수는 *통계분석변수, 지리정보변수, 기타분석변수 및 옵션* (그림 4)의 네 가지 프레임으로 구분되는 입력 변수(Relationships) 탭에서 정의됩니다.

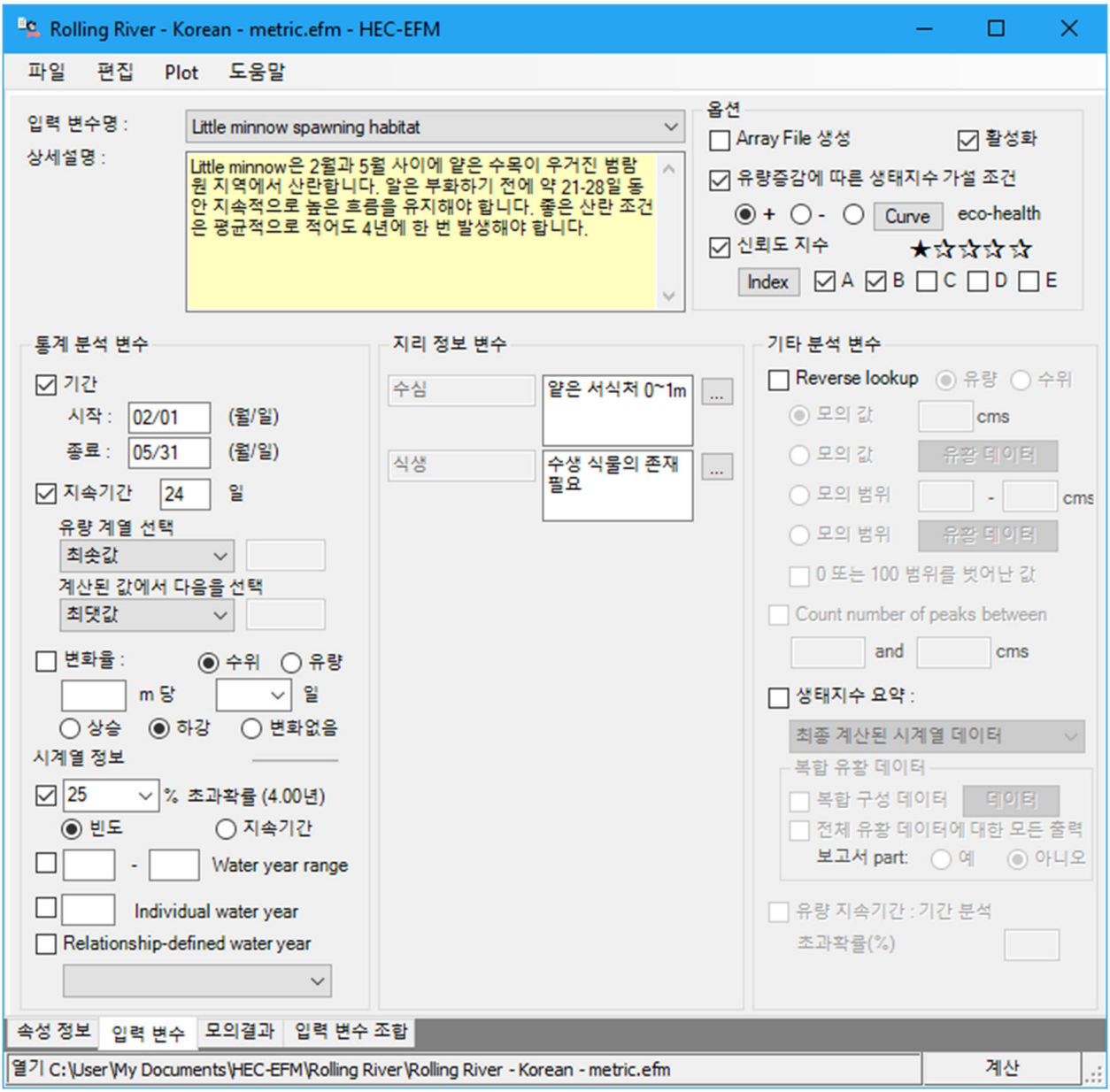


그림 4. HEC-EFM 의 *입력 변수* 탭을 사용하여 사용자는 통계해석변수 및 지리정보변수와 연계된 각각의 생태수문 입력변수를 정의합니다.

통계분석변수 – *통계분석변수*를 통해 사용자는 통계 분석을 정의하는 *모의기간(Season), 지속기간(Duration), 변화율(Rate of change) 및 초과확률(Exceedance)*을 입력 할 수 있으며, 각각의 입력변수에 대해 통계분석이 수행됩니다. 통계분석변수의 모든 매개변수는 입력 할 필요는 없으며 중요한 매개변수만 입력 할 수 있습니다. 시계열정보는 빈도개념(초과확률) 또는 지속기간 개념(시간에 대한 백분율)으로 입력 할 수 있습니다. 또한 *통계분석변수*는 통계 분석에 사용할 유량 및 수위 데이터를 관리하기 위한 기능을 제공합니다. 예를 들어, Water year range, Individual water year 또는 Relationship-define water year 에 대한 옵션이 제공됩니다.

지리정보변수 – *지리정보변수*를 통해서 사용자는 공간적 관점에서 생태수문 입력변수를 정의할 수 있습니다. *지리정보변수*는 "*편집 – 지리 정보 관리...*" 메뉴 옵션을 선택하여 *지리정보에 대한 태그 관리* 메뉴(그림 5)를 통해 사용자가 생성합니다. 사용자는 태그를 생성하고 각각의 변수에 중요한 태그를 지정합니다. 이 작업은 태그에서 지정된 정보를 지리정보시스템(GIS, Geographical Information System)과 연계하기 위해 HEC-EFM 에서 텍스트 필드를 만듭니다. 태그는 HEC-EFM 프로젝트에 중요한 공간 레이어를 식별하는 메뉴입니다.

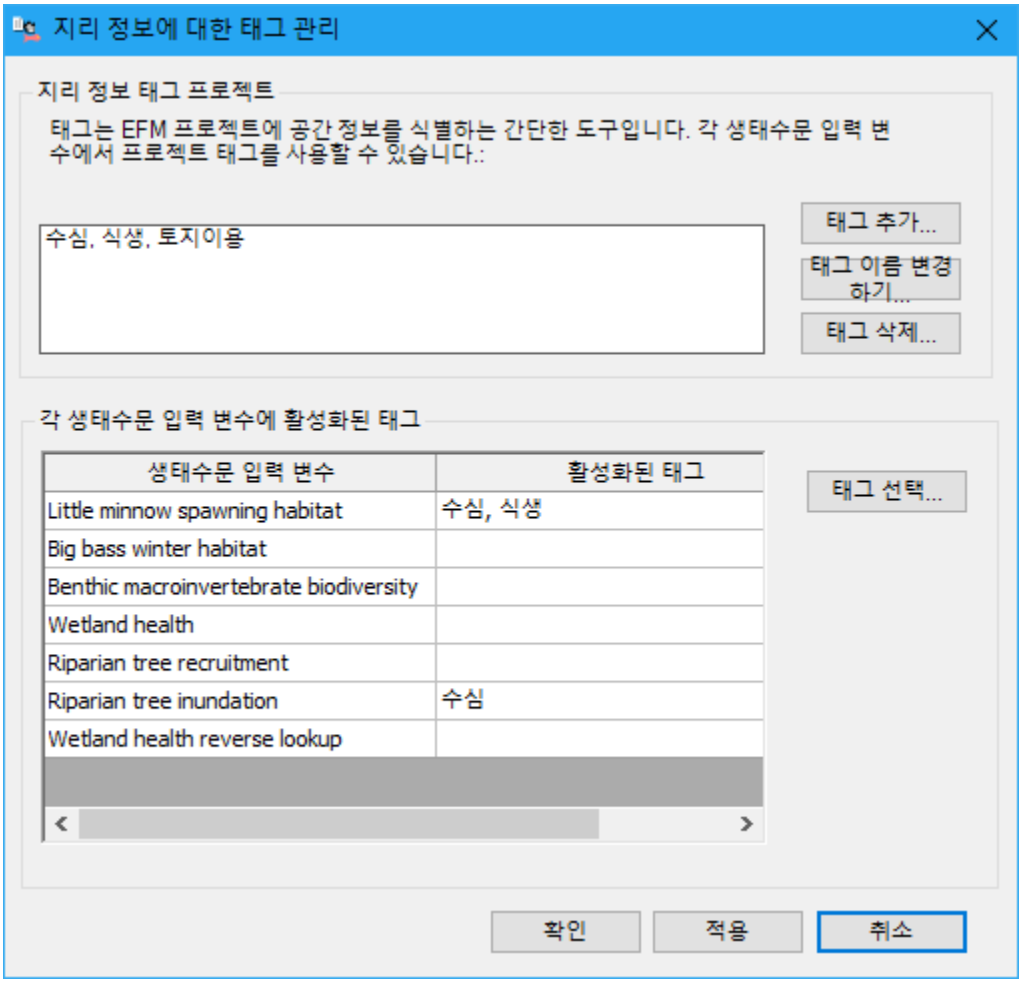


그림 5. HEC-EFM 의 *지리정보*에 대한 태그 관리 메뉴는 HEC-EFM 프로젝트에 중요한 공간 데이터를 편집하고 생성하는데 사용됩니다.

기타분석변수 – HEC-EFM 생태수문 입력 변수에 대한 통계분석 결과는 해당 생태수문 입력 변수에 대해 지정된 통계 조건에 충족하는 한 쌍의 유량 및 수위데이터로 구성됩니다. 사용할 수 있는 기능은 Reverse lookup 및 생태지수 분석 기능입니다. Reverse lookup 은 사용자가 지정한 유량값에 대해 같은 값이거나 초과되는 연도 또는 시간에 대한 백분율을 계산합니다. 생태지수 분석 기능은 서로 다른 유황 데이터의 생태지수를 집계합니다(섹션 3.6.1 및 3.6.3

참고). 생태수문 입력 변수에 대해 생태지수 분석 기능이 설정되어 있으면 해당 변수를 평가하기 위해 일반적으로 수행되는 모든 단계에 추가로 분석이 수행됩니다. 또한 생태지수 분석 기능을 사용하려면 유량 증감에 따른 생태지수 가설 조건을 적용해야 합니다.

옵션 – 각각의 생태수문 입력 변수에 *대해 Array File 생성, 유량 증감에 따른 가설추적 및 신뢰도 추적과* 같은 세 가지 옵션을 사용할 수 있습니다. *Array File 생성* 옵션은 HEC-EFM 이 해당 생태수문입력에 대해 수행한 통계해석 결과를 보여주는 파일을 생성합니다. 또한 *가설 추적*을 통해 사용자는 다양한 유황에 대한 생태 건강의 변화 방향을 비교할 수 있습니다. 예를 들어 유량 증감이 하천생태계 건강성에 어떤 영향을 미칠지 입니다. 이 관계를 규명하기 위해서 사용자는 유량증가 가설 조건이 하천생태계 건강에 도움이 되면(+), 도움이 안되면 (-) 또는 유량변화와 생태건간성이 비선형관계 (*곡선(Curve)* 버튼사용) 등과 같은 가설 조건을 적용할 수 있습니다. 또한 *신뢰도 추적*은 HEC-EFM 의 생태수문 입력 변수의 상대적 신뢰도를 추적하는 방법을 제공합니다. 기본값은 별 1 개로 표현되며, 신뢰도 지수는 각각의 생태수문 입력 변수에 대해 과학적 근거를 의미합니다. 또한 특정 생태수문 입력 변수에 대한 신뢰도 지수는 연구를 진행하는 팀의 재량에 따라 별의 수(값)를 늘릴 수 있습니다. 예를 들어, 생태수문 입력 데이터가 현장 정보로 확인되는 경우, 생태관련 문헌을 통한 근거, 과학자 또는 기관에서 승인을 받는 경우가 있습니다.

2.3 모의결과

모의결과 탭은 대상 유역의 동일한 관측소에서 두 개의 시계열 유황 데이터에 대한 통계 결과를 제공합니다. 또한 요약보고서와 Array File 도 확인할 수 있습니다(그림 6). 추가로 *모의결과*를 인쇄하거나 다른 응용 프로그램으로 복사 할 수 있으며, *계산* 버튼을 누르면 HEC-EFM 이 자동으로 *모의결과* 탭으로 이동하여 새로운 통계 결과를 보여줍니다.

2.4 입력변수 조합

*입력변수 조합*은 둘 이상의 생태수문 입력변수를 그룹화하여 단일생태계의 변화를 추적하는데 사용됩니다. 예를 들어, 그림 7 에서 생존가능한 최종 수변식생 서식처(Riparian tree establishment)는 수변식생 이입 (Riparian tree recruitment)에서 수변식생 침수(Riparian tree Inundation)를 제외한 값으로 정의됩니다.

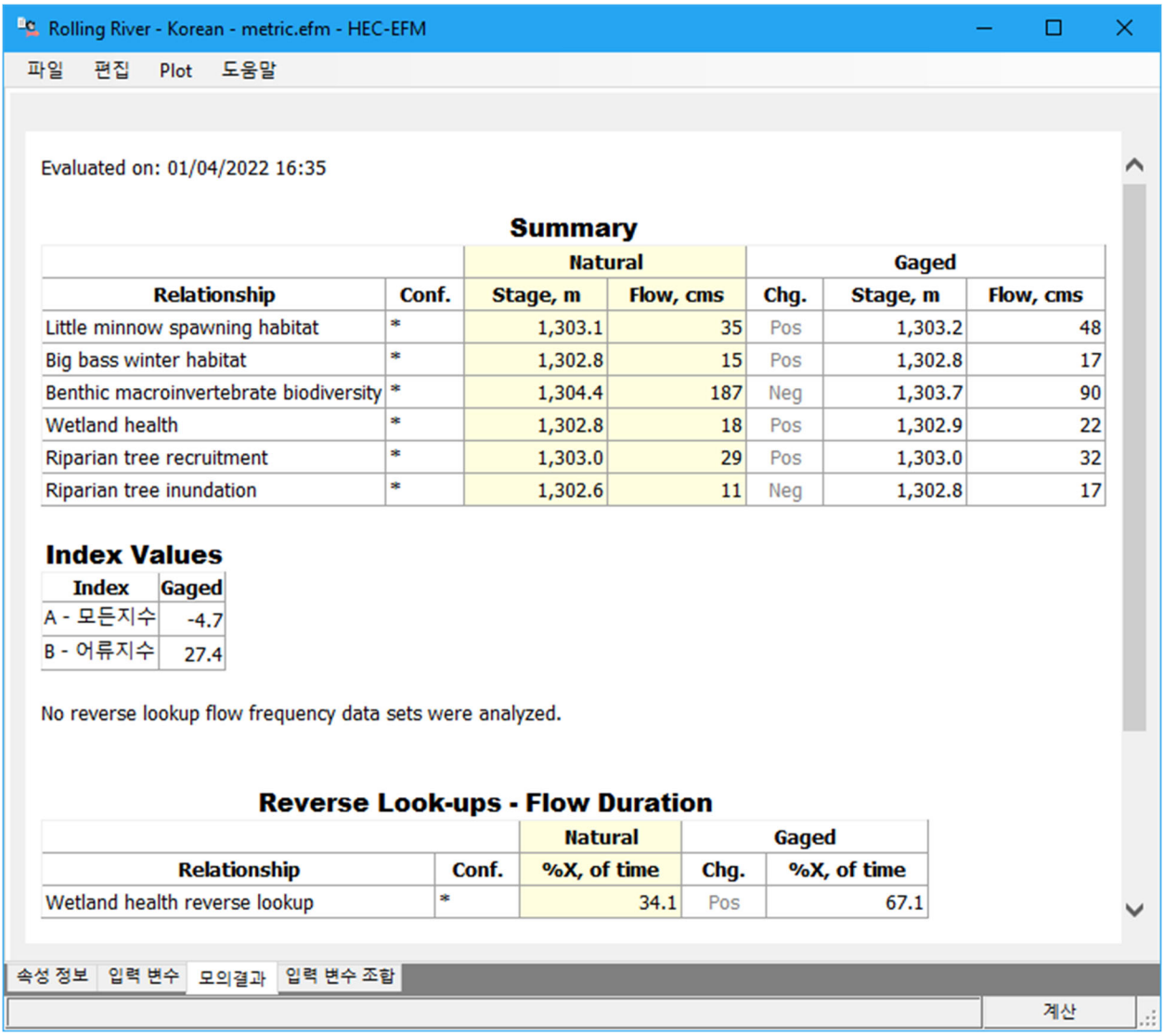


그림 6. HEC-EFM 의 *모의결과* 탭은 프로젝트 요약 보고서 및 통계해석 결과를 보여줍니다.

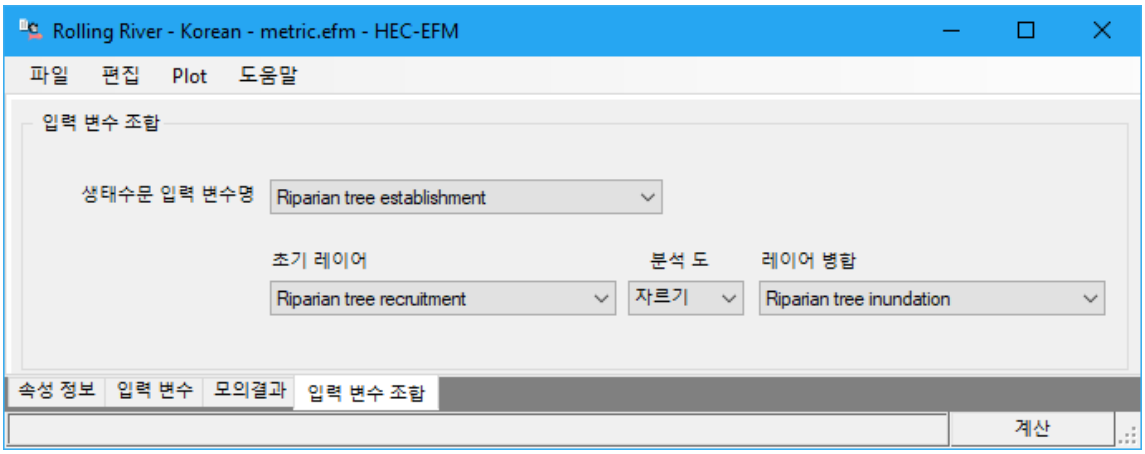


그림 7. HEC-EFM 의 *입력변수 조합을* 사용하면 여러 개의 개별 입력변수를 그룹화하여 단일 생태계의 변화를 분석할 수 있습니다

CHAPTER 3

HEC-EFM 의 계산기능

HEC-EFM 분석 프로세스에는 수리해석과 GIS 를 통한 공간분석 기능을 포함하며, 수문학과 생태학이 연계된 통계 분석은 HEC-EFM 의 기본적인 기능입니다.

통계 분석 과정에서 적용되는 HEC-EFM 계산기능은 매우 기본적 해석기능입니다. 문제는 HEC-EFM 에서 생태수문 입력 변수를 정의하는 변수(모의기간, 지속기간, 변화율 및 초과확율)를 사용하여 해당 기준을 충족하는 유량과 수위를 산정하는 방법과 이론을 이해하는 것입니다.

3.1 모의기간(Season)

*모의기간*은 가장 이해하기 쉬운 매개 변수입니다. 생태계의 특정 활동(예: 어류 산란 또는 식생 발아)은 일반적으로 1 년 중 특정 기간에 발생합니다. HEC-EFM 에서 *모의기간*은 생태계의 특정활동별로 시작일과 종료일을 지정할 수 있으며, 입력 데이터의 모든 연도에 대해서 모의기간에 해당하는 결과 값을 산출합니다. 또한 *지속기간과 변화율*은 정의된 기간에 대해서 생태모의가 수행됩니다.

3.2 지속기간(Duration)

*지속기간*은 유용한 기능이지만 복잡한 옵션입니다. 본 메뉴에서는 세 가지 설정을 사용할 수 있습니다. 1) 일 수(number of days), 2) 설정된 모의기간의 각 지속기간별로 계산되는 통계변수(최소, 최대, 평균 등), 3) 2 단계에서 산정된 통계값의 시계열을 사용하여 계산할 통계(최소, 최대).

*일 수*는 지속기간의 간격을 정의합니다 (그림 8). 지속기간 계산은 모의기간 시작부터 모의기간 종료까지 수행됩니다. 따라서 시작 날짜의 경우 HEC-EFM 은 지속기간 간격 (설정 1 에서 정의) 내의 모든 데이터 값을 고려하고, 설정된 통계치 (설정 2 에서 정의)를 계산하고, 시작 날짜에 대해 해당 값을 기록한 다음 하루를 이동하여 동일한 과정을 반복하여 모의기간의 마지막까지 수행합니다. 이 프로세스는 모의기간의 각 날짜에 대해 하나의 값을 갖는 *최소값, 중앙값, 최대 값, 사용자 정의 백분율 또는 평균* (설정 2 에서 정의) 등의 통계 시계열을 생성합니다.

지속기간 설정의 마지막 단계는 설정 2 를 통하여 산정된 통계 시계열에서 모의기간별 단일 값 (설정 3 당)을 선택하는 것입니다. *최소, 중앙, 최대, 사용자 정의 백분율 및 평균*에 대한 옵션이 제공됩니다. 이 프로세스는 설정된 *모의기간*별로 하나의 값을 갖는 시계열을 생성합니다.

그림 8 은 지속기간 8 일간격, 1 차로 최솟값의 유량계열 조건 및 최솟값의 유량계열에서 최대값 계산을 진행하는 예시를 제공합니다.

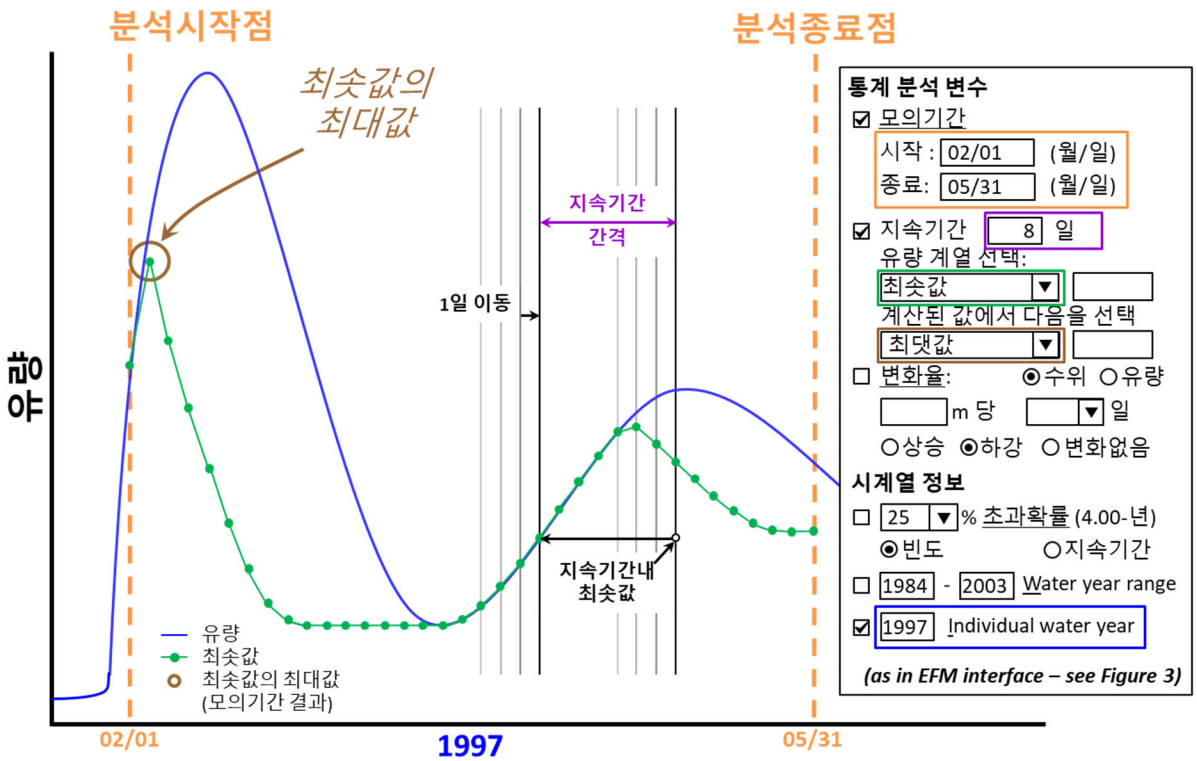


그림 8. HEC-EFM 에서 *지속기간*을 활용하는 과정입니다. 계산과정은 하나의 Water year 에 해단 개념을 설명하고 있으며, 통계분석변수(그래프 오른쪽)는 그림 4 의 EFM 메뉴에도 나와 있습니다.

3.3 변화율(Rate of Change)

*변화율*은 수위수문곡선 하강부와 생태계간의 관계를 살펴보기 위한 통계해석변수로서, 수문곡선의 상승, 하강과 절대변화율에 대한 기능을 포함하도록 확장되었습니다. 이러한 모든 설정의 조합은 (그림 9) 두개의 매개변수(① *변화율 임계치*, ② *일 수*)를 적용하며, 지정된 모의기간의 끝에서부터 계산이 진행됩니다.

변화율 분석은 모의기간의 종료점에서 시작하여 시간을 거꾸로 진행하며 작업하게 되며, 실제 변화율은 현재 유량(또는 수위)와 *일 수*로 정의된 시간 간격이 끝날 때 발생하는 유량(또는

수위)를 빼서 계산됩니다. (즉, *일 수*가 4 로 설정된 경우, 실제 변화율은 현재 값에서 미래의 3 일 값을 뺀 값과 같으므로, 고려되는 총 시간 간격은 4 일입니다.) 그런 다음 실제 변화율을 *임계값*과 비교합니다. 실제 변화율이 *임계값*을 위반하지 않으면 변화율이 허용 가능한 것으로 간주되고 HEC-EFM 이 하루 뒤로 이동하고 테스트가 반복됩니다. 이 프로세스는 *임계값*을 위반하거나 시즌 시작에 도달 할 때까지 계속됩니다.

계산된 실제 변화율이 변화율 *임계값*을 위반하는 경우 HEC-EFM 은 모의기간의 최종결과로 이전에 성공한 테스트 (실패한 테스트보다 하루 늦음)를 선택하며, 이는 나머지 모의기간 동안의 변화율이 일관되게 수용(허용) 가능한 날짜와 조건임을 나타냅니다.

모든 과정이 모의기간 시작점에 도착하고, 변화율 테스트를 통과하면 HEC-EFM 은 해당 날짜와 해당 조건을 모의기간의 결과로 선택합니다.

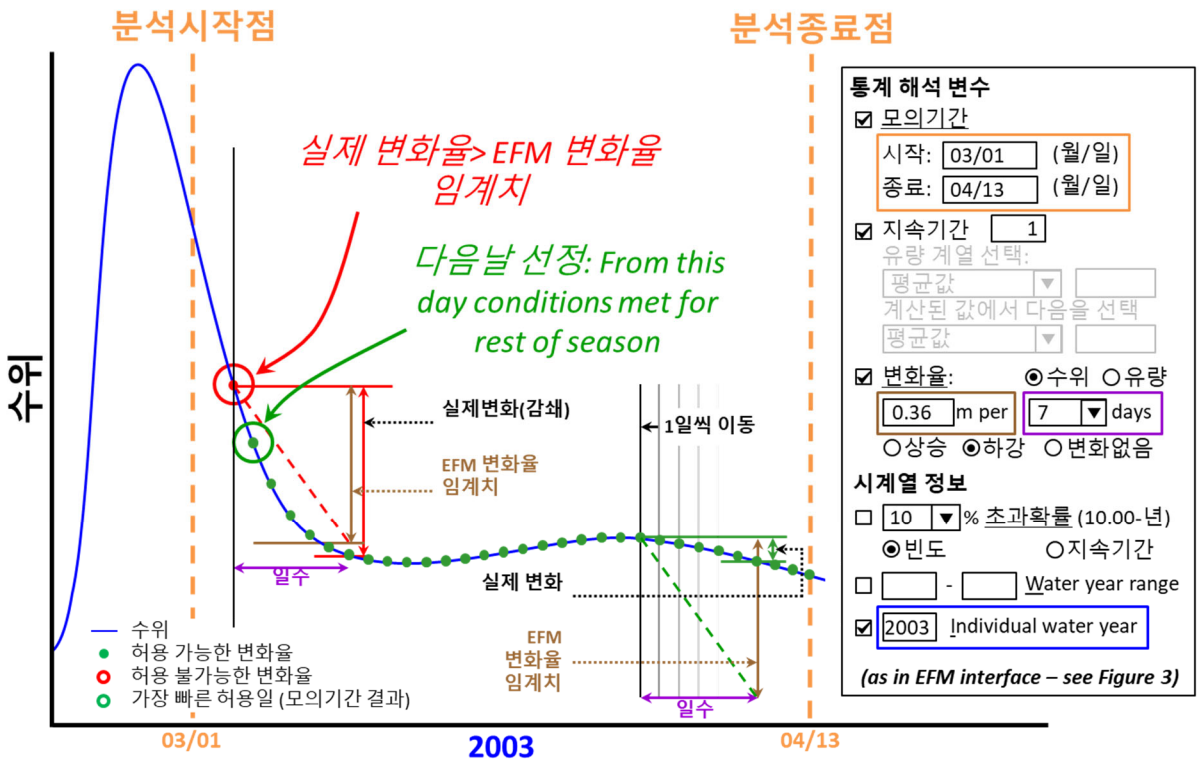


그림 9. 하나의 Water year 에 대한 HEC-EFM 의 변화율 입력조건 및 계산과정 설명. 통계분석변수(그래프 오른쪽)는 그림 4 의 EFM 메뉴에도 나와 있습니다.

첫 번째 테스트 (모의기간 종료시점)가 실패하면, *모의기간*에 대한 결과로 0 이 기록되며 이는 해당 *모의기간*의 변화율 테스트를 통과 한 날짜가 없음을 나타냅니다. HEC-EFM 메뉴에서

*변화율*을 적용하면 *지속기간* 메뉴가 회색으로 바뀌고 비활성화 된다는 점에 유의해야합니다. 이것은 두가지 매개변수가 분석과정에서 호환되지 않음을 알리기 위한 것입니다.

실제로 *변화율*과 관련된 유일한 기간설정 변수는 *일 수*입니다. 기간이 1 일로 설정되면 (그림 9 참조) *변화율은 모의기간*에 대한 유황 데이터로부터 추출된 일평균값을 테스트합니다.

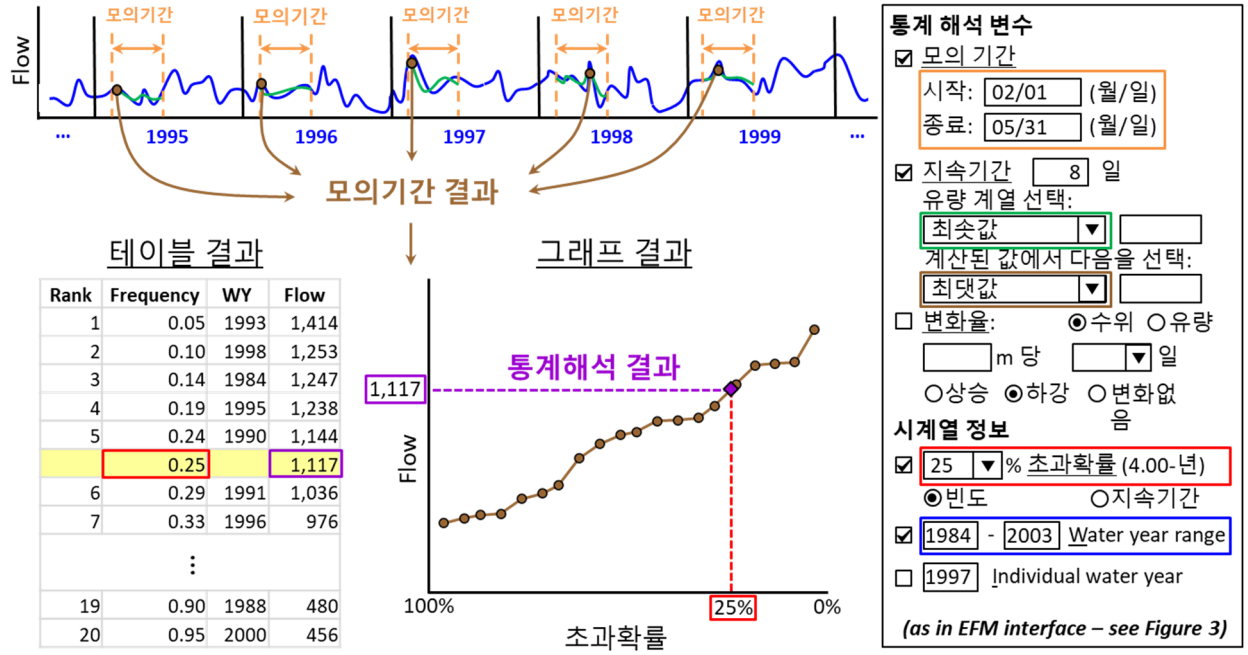
일수로서 2 이상의 정수를 입력하면 HEC-EFM 은 변화율에 설정된 지속기간에 따라서 유량과 수위에 대해 입력된 기간 동안 평균값의 시계열을 계산 한 다음 변화율 테스트를 수행합니다.

3.4 시계열 정보(Time Series Specifications)

HEC-EFM 의 *시계열정보* 구성요소에는 *초과확률*과 분석기간을 설정하기 위한 3 개의 옵션이 있다(Water year range, Individual water year, and Relationship-defined water year).

초과확률 옵션은 *빈도* 또는 *지속기간* 해석 중 하나의 옵션을 선택할 수 있으며, 2.5 절에서 설명한 *지속기간*과 혼동해서는 안됩니다. 실제로 HEC-EFM 의 시계열정보 인터페이스에서 *지속기간* 해석을 선택하면 통계해석변수의 *지속기간* 옵션은 회색으로 비활성화 되며, 분석과정에 반영되지 않습니다. *변화율*의 경우에도 *지속기간*과 연관된 유일한 기간 설정인 일수를 적용합니다. 일수가 1 일로 설정되면 HEC-EFM 은 모의기간의 유황 데이터에서 얻은 일평균유량을 사용하여 유황곡선을 생성한 다음 보간법을 이용하여 사용자 정의 백분율에 해당하는 유량을 얻습니다. *변화율* 옵션에서 일 수에 2 이상의 정수를 입력하면 HEC-EFM 은 해당 기간에 대한 평균 유량 값의 시계열을 계산하고 유황곡선을 생성한 다음 보간하여 **사용자 지정 확률과** 같거나 초과하는 유량을 얻습니다. 이상의 결과값은 통계 분석을 통해 산출됩니다.

빈도 옵션을 선택하면(그림 10)과 같이 HEC-EFM 은 모의기간별 분석 결과(모의기간, 지속기간 및 변화율 옵션을 통해 계산된)의 순위를 매기고, 사용자가 설정한 초과확률과 같거나 큰 유량 값(또는 수위, 변화율 옵션에서 수위를 선택하는 경우)을 얻기 위해 보간합니다. 이상의 결과 값은 통계분석을 통해 산출됩니다..



Rank	Frequency	WY	Flow
1	0.05	1993	1,414
2	0.10	1998	1,253
3	0.14	1984	1,247
4	0.19	1995	1,238
5	0.24	1990	1,144
	0.25		1,117
6	0.29	1991	1,036
7	0.33	1996	976
	⋮		
19	0.90	1988	480
20	0.95	2000	456

그림 10. *모의기간* 및 *지속기간*의 입력변수에 대한 *시계열 데이터 분석*(그림 8 참조). 통계분석 결과는 초과확률 25 %와 같거나 초과하는 유량을 충족하는 결과입니다(유량빈도해석). 통계해석변수 (오른쪽 그림)는 그림 4 의 EFM 인터페이스와 동일합니다.

유량값의 순위를 정하고 보간하는 과정은 속성정보 탭(그림 2)에 정의된 전체 유황 데이터에 대해 또는 *Water year range control*(그림 10)를 통해 모의기간 분석이 여러 해(수십년) 동안 계산되는 경우에만 필요합니다.

Individual water year 및 *Relationship-defined water year* 분석은 단일 연도로 제한합니다. *Individual water year* 에 대해 사용자는 평가할 water year 를 지정합니다. 생태수문 입력 변수와 지정된 water year 의 경우 사용자는 분석할 별도의 생태수문 입력 변수를 선택하고 HEC-EFM 은 통계 결과와 가장 근접한 모의기간 분석 결과 (또는 분석결과와 비슷한 과거 water year)를 결정합니다. 그런 다음 생태수문 입력 변수를 평가할 때 water year 가 사용됩니다. 두 경우 모두 모의결과가 하나뿐이므로 통계 결과로 보고됩니다.

3.5 Reverse Lookups

Reverse lookup 옵션은 통계 결과를 결정하는 마지막 단계를 제외하고 앞부분에서 설명한 계산과정과 동일한 과정을 따릅니다. 즉, 초과확률을 지정하고 소프트웨어가 해당되는 유량과 수위를 계산하도록 하는 대신(그림 10) 사용자는 분석할 유량과 수위를 지정하고, 소프트웨어는

유량과 수위의 동일한 시간 또는 연도에 대한 백분율을 계산합니다(그림 11). *모의기간, 지속시간, 변화율, 빈도 또는 지속기간*해석은 변경되지 않습니다.

사용자는 분석할 유황 데이터(유량 및 수위), 관심이 있는 모의범위, 모의값을 활용하여 "모의범위 초과(out of range)" 결과를 보고할지 여부를 지정합니다. 모의값과 모의범위는 모든 유황 데이터에 적용되거나 개별적으로 설정할 수 있습니다. *유황데이터 모의범위* 옵션은 유황이 위치 기반일 때 유용합니다. 예를 들어, 넓은 지역의 경우에, 국지적인 지역 조건에 따라 서로 다른 시간에 다양한 지속기간 동안 홍수터가 침수됩니다. 홍수 범람이 얼마나 자주 발생하는지 분석하기 위해서는 *Reverse lookup–유황데이터 모의범위* 옵션을 사용하여 범람을 유발하는 조건을 서로 다른 위치 기반 유황 데이터를 활용하여 정량화할 수 있습니다.

모의값과 모의범위가 순위가 매겨진 모의기간에 대한 결과(그림 10, 왼쪽 아래 및 가운데)와 교차하지 않는 경우, 통계 결과는 "모의범위 초과(out of range)"라는 메시지로 보고됩니다. 범위를 초과하면 0 으로, 초과하지 않으면 100 으로 결과를 보고할 수 있는 옵션이 제공됩니다. 예를 들어, 모의값으로 600 을 설정하고 모든 *모의기간*에 대한 결과가 600 보다 크면 통계 결과는 "범위 미만"이라고 보고되며, 옵션을 선택한 경우 "100%"를 초과한다고 보고됩니다. 결과는 항상 동일하거나 초과한 시간 또는 연도의 백분율로 계산됩니다. 범위의 경우 HEC-EFM 은 최솟값 및 최댓값에 대해 같거나 초과된 조건을 계산하고 최솟값에서 최댓값을 뺀 다음 그 차이를 범위 내 시간 또는 연도의 백분율로 보고합니다. 최솟값 또는 최댓값이 교차하지 않으면 "모의범위 초과(out of range)"조건으로 보고되며, 범위 내 시간 또는 연도의 백분율로 보고합니다.

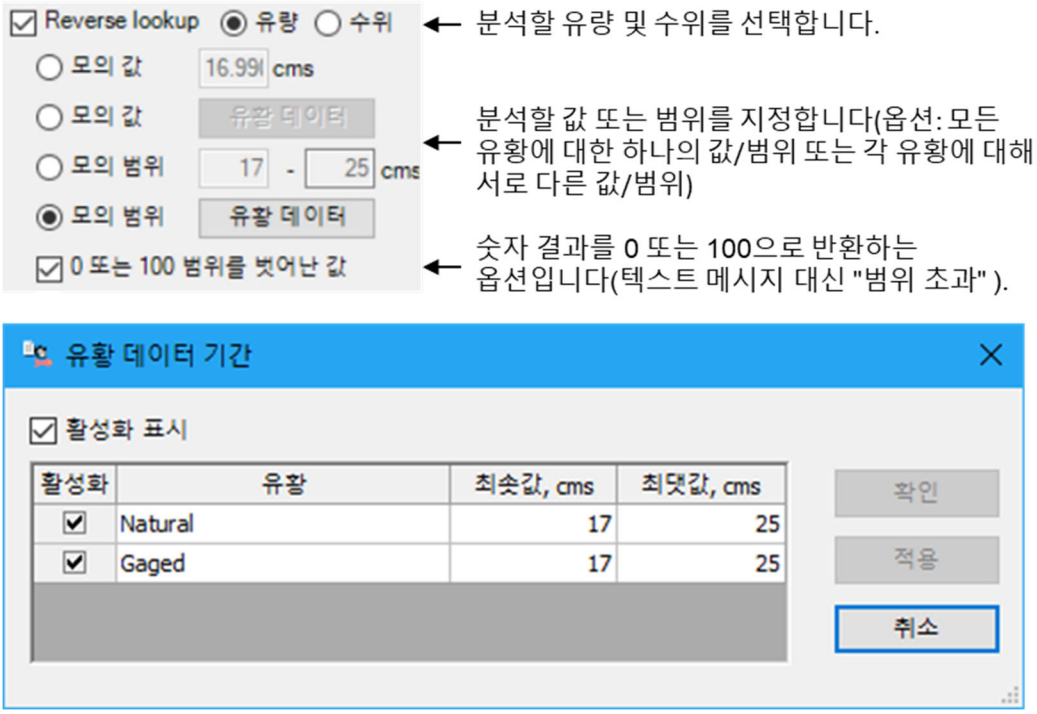


그림 11. Reverse lookup 기능은 지정된 값(유량)과 같거나 초과되는 연도 또는 모의범위에서 시간 또는 연도의 시간백분율 범위에 있는지를 참조합니다.

3.6 기타 기능

모의기간 및 통계 결과 외에도 HEC-EFM 은 유황 데이터 기간내 각 모의기간에 대한 생태수문 입력 변수를 기반으로 생태지수(Ecovalue)와 각각의 발생날짜(date of occurrence)뿐만 아니라 여러 관계를 포함하는 지표를 계산합니다. 생태지수는 서식지가 얼마나 성공적으로 제공되고 있는지 평가하는 유용한 값입니다. 발생날짜는 서식지 가용성의 계절성을 평가하는 데 유용합니다. 지수(Index)란 여러 관계를 수치적으로 결합하여 유황이 생태계 또는 생태계 구성 요소에 얼마나 광범위하게 영향을 미치는지 평가하는 방법으로 단일 측정 값을 계산하는 데 사용됩니다.

3.6.1 생태지수(Ecovalue) 및 생태지수의 변화

생태지수는 유황이 생태수문 입력변수의 요구를 얼마나 충족하는지 평가합니다. 사용자는 각각의 생태수문 입력변수의 일부로 제공되는 *가설추적* 기능을 통해 모의기간 및 통계 결과가 생태지수로 변환되는 방식을 지정할수 있습니다. 생태지수는 긍정적 조건(예 : "+"*가설 추적* 설정이 활성화 된 경우), 부정적 조건(예 : "-"설정이 활성화 된 경우)으로 설정할 수 있으며, 유량에 따라 값이 보간 될 수 있습니다. 또한 사용자 지정 *Curve* 값(즉, "*Curve*"설정이 활성화 된 경우)인 유량-생태지수 관계를 사용자가 직접 입력하여 생태모의를 수행할 수 있습니다. 이

보간 옵션을 통해 사용자는 다양한 유량규모에 따른 생태학적 변화를 정량적으로 평가할 수 있습니다. 예를 들면, 유량에 대한 생태지수 값을 0 에서 10 까지의 척도로 입력하여 유량변화에 따라서 생태학적으로 서식지가 성공적으로 개선되었는지 평가할 수 있습니다.

생태지수는 유황 데이터 기간내 모의기간에 대해 계산됩니다. 그런 다음 모의기간별 생태지수를 사용하여 전체 유황에 대한 평균 생태지수를 계산합니다 (그림 12). 평균 생태지수는 뒷부분에서 설명하는 바와 같이 *지수(Indices)* 계산과정에서 변수로 사용됩니다.

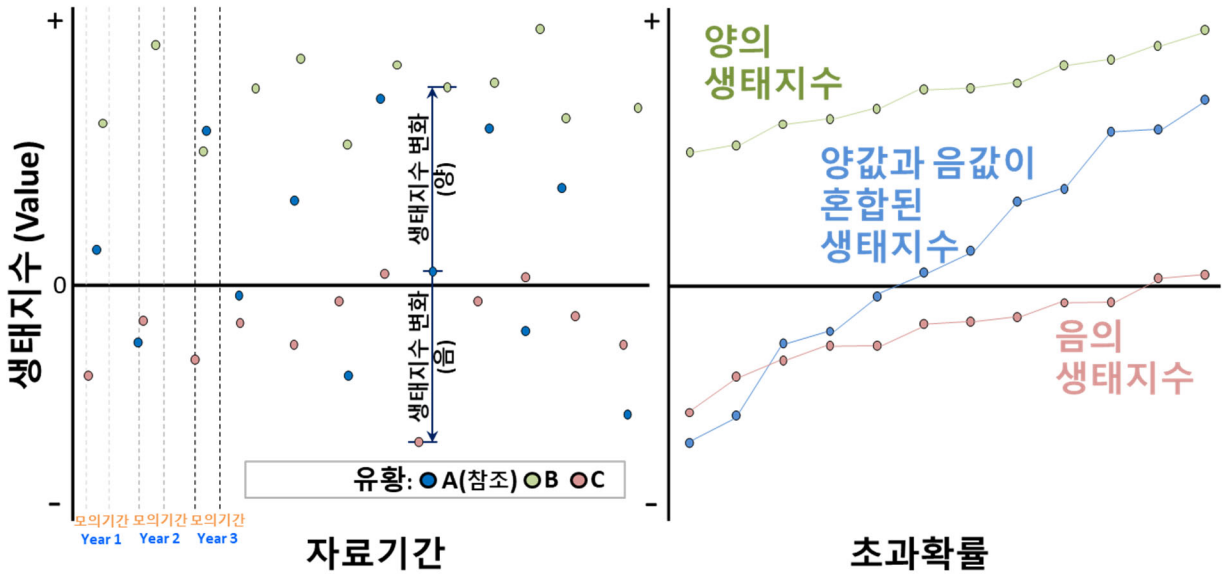


그림 12. 시계열 (왼쪽) 및 초과확률 (오른쪽)에 따라 표시된 모의기간별 생태지수. 생태지수는 유황이 생태수문학적 기준을 얼마나 성공적으로 충족하는지 측정합니다. 일반적으로 점점 양(+)의 값으로 증가하는 생태지수는 점점 더 건강하고 유익한 서식지 조건에 해당합니다.

참조로 설정되지 않고 활성화된 유황 데이터의 경우에는 모의기간에 대한 생태지수 "변화(shift)"는 참조된 유황 데이터로부터 산정된 생태지수와의 변화 백분율(percent change)로 계산됩니다. 또한 모의기간별 생태지수 및 생태지수의 변화는 시계열(연간 모의기간 당 하나의 값)및 순위 데이터(그림 13)로 출력됩니다. 두 가지 모두 유황 데이터 별로 서식지가 얼마나 성공적으로 제공되는 지와 어느정도 차이가 있는지에 대한 통찰력을 제공합니다.

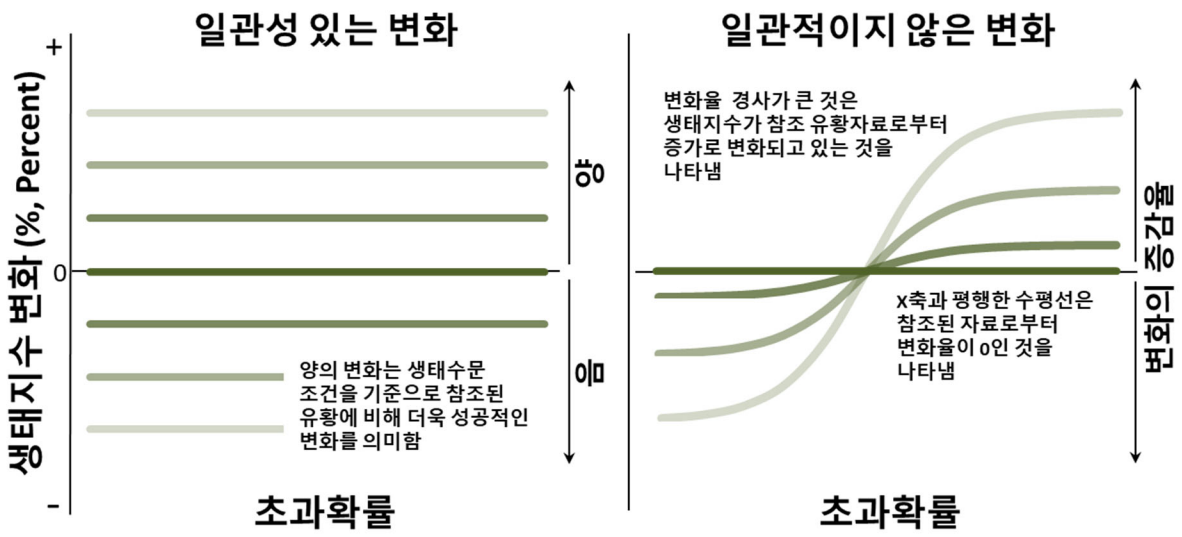


그림 13. 생태지수 변화는 생태수문 입력변수의 일관성간의 차이(왼쪽)와 일관성의 변화 (오른쪽)에 대한 통찰력을 제공합니다. HEC-EFM 에서 "변화"는 본질적으로 활성화된 유황데이터를 참조하는 유황데이터와 비교합니다. 생태지수 변화는 활성 및 참조 유황 데이터 사이의 생태지수 차이를 백분율로 계산합니다.

3.6.2 날짜 및 날짜 변화(Date Shift)

"날짜"는 전체 자료기간중에서 water year 별로 생태수문 입력변수의 통계분석을 위한 입력변수가 충족되는 일(day)과 월(month)을 의미합니다. 숫자 상으로 모의기간별 날짜는 1 월 1 일부터 해당 모의기간별 결과에 해당되는 일 수(날짜 수)와 동일하게 설정됩니다 (예: 모의기간별 날짜 31 은 1 월 31 일에 발생하는 계절별 분석결과에 해당합니다. 그림 14).

참조되지 않고 활성화된 유황 데이터의 경우, 모의기간별 날짜 "변화"는 참조된 유황 데이터로부터의 날짜변화(양 또는 음)로 계산됩니다. 모의기간별 날짜 및 모의기간별 날짜변화는 시계열 (연도별 모의기간 당 하나의 값) 및 순위 데이터로 출력됩니다 (그림 15). 두 가지 모두 모의기간 내에서 서식지 가용성이 어떻게 변하는지, 그리고 그 모의기간별 유황 데이터 간에 어떻게 다른지에 대한 분석결과를 제공합니다.

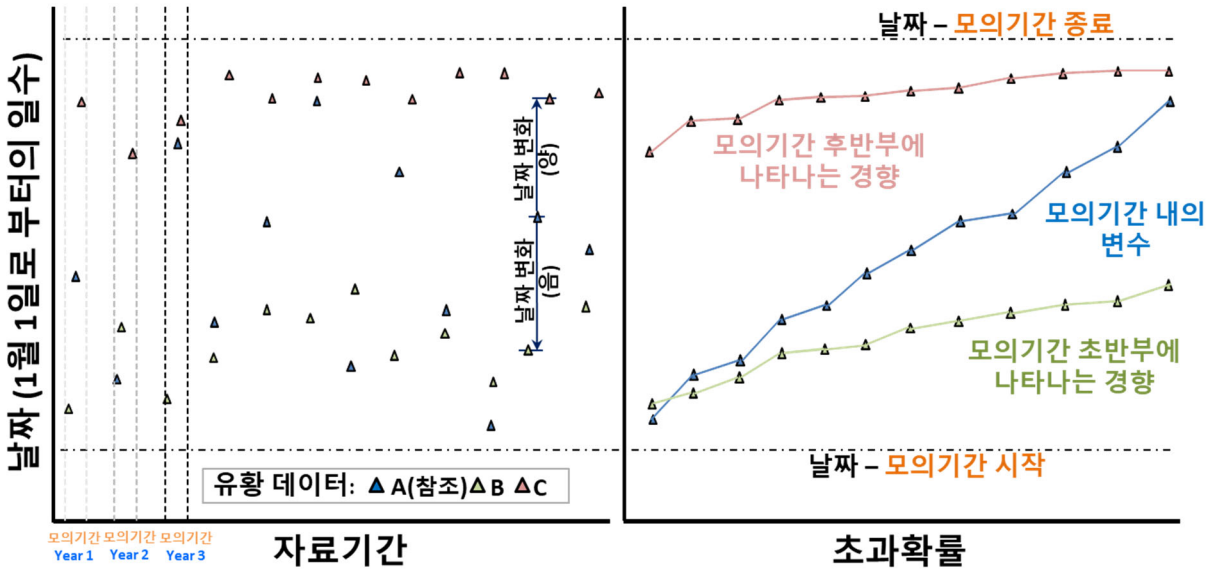


그림 14. 모의기간별 날짜는 시계열로 표시되고(왼쪽) 초과확률로(오른쪽)도 표시됩니다. 날짜는 생태수문 입력 변수에 대해 정의된 모의기간 내에 입력 변수 기준이 충족된 시기를 반영합니다.

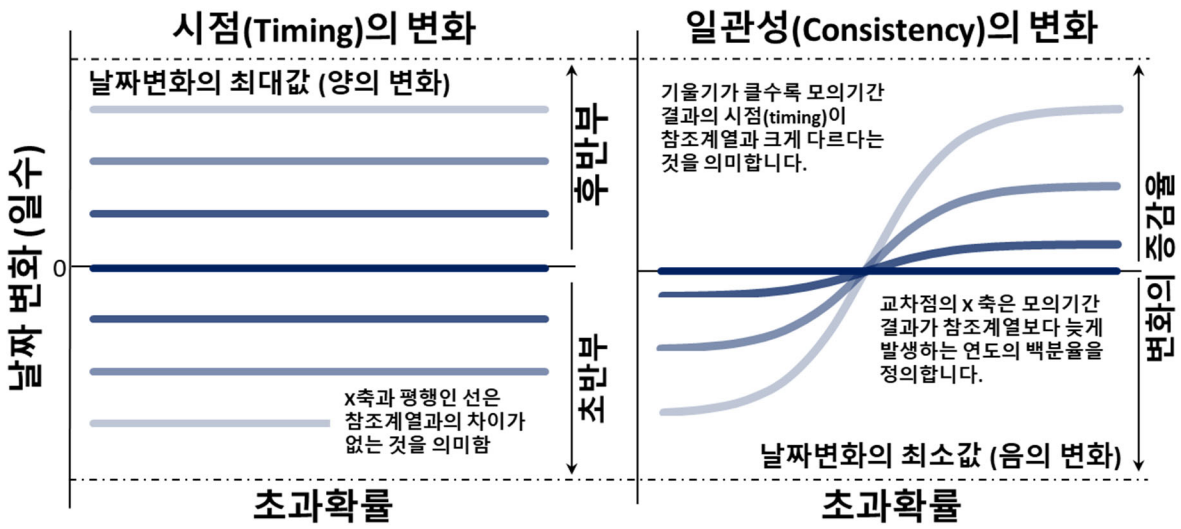


그림 15. 날짜 변화는 생태수문 입력 변수의 기준이 충족되는 시점(Timing)의 변화(왼쪽)와 일관성의 변화(오른쪽)에 대한 통찰력을 제공합니다. HEC-EFM 에서 "변화"는 참조된 유황 데이터를 기준으로 활성화된 유황 데이터와 비교합니다. 날짜 변화는 활성 및 참조 유황 데이터의 모의기간별 날짜 값 사이의 시간 차이(일 수)입니다.

3.6.3 생태지수 합계 및 합계의 변화

생태지수 합계는 서로 다른 유황 데이터에 의해 제공되는 생태지수의 축적을 집계합니다. 생태지수 합계는 3.6.1 절에 설명 된 생태지수 개념과 다릅니다. 생태지수는 생태수문 입력 변수의 모의기간 및 통계적 결과로 시작하는 반면, 합계는 생태지수의 일 시계열 분석으로 시작하기 때문입니다. 생태지수 시계열 분석은 생태수문 입력 변수에 대해 마지막으로 계산된 시계열 (모의기간 내 매일 하나의 값, 그림 8 에서 녹색으로 표시된 최소 시계열 참조)을 유량과 생태지수의 쌍을 이룬 데이터 세트 (또는 가설 추적 옵션에서 초과확률과 생태지수, Reverse lookup). 이 시계열 분석은 합계와 관련된 7 개 요소 중 첫 번째이며, 사용자 설정에 따라 HEC-DSS 로 출력 할 수 있습니다.

합계는 전체 유황 데이터, 각 모의기간에 대해 독립적으로 집계됩니다(그림 16). 모의 과정은 다음과 같습니다. 1) 일일 생태지수, 2) 유황 데이터에 대한 집계, 3) 각 모의기간 종료 시 집계, 4) 유황 데이터에 대한 집계 합계, 5) 각 모의기간에 대한 집계, 6) 총 집계 각 모의기간 및 7) # 6 의 등급별 모의기간 합계로 구분된다. 제공된 일일 생태지수를 고려하고 집계함으로써 합계는 전체 모의기간 및 유황 데이터에서 제공하는 서비스에 대한 통찰력을 제공합니다.

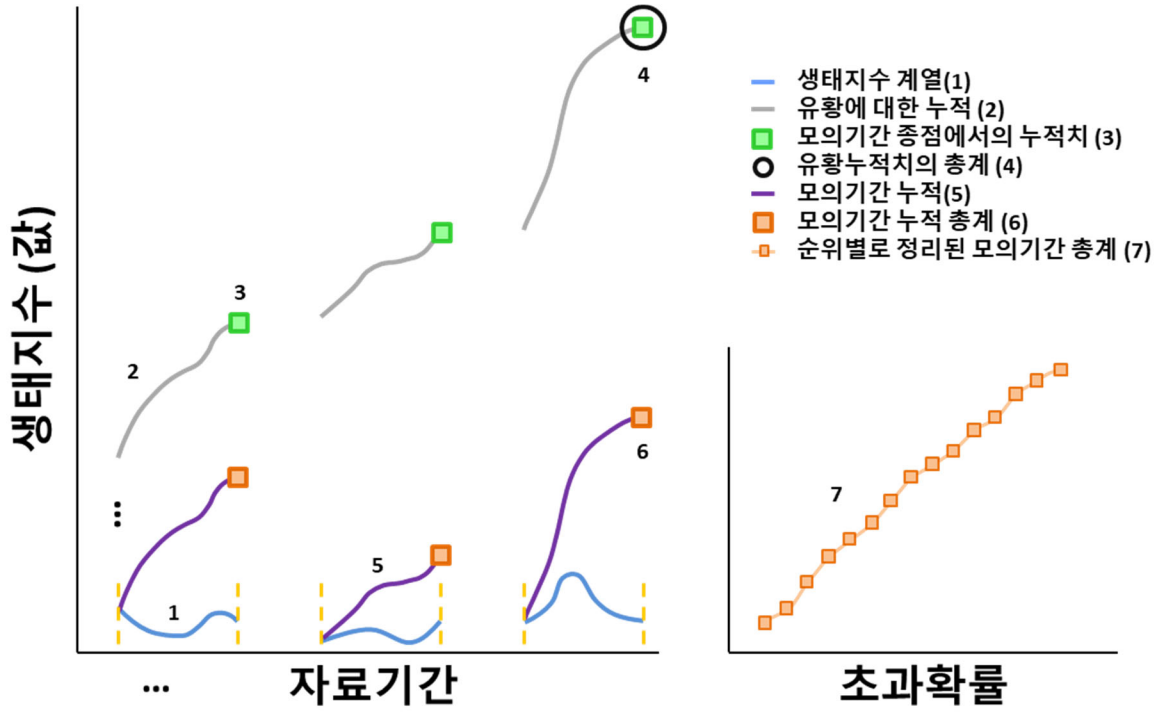


그림 16. 생태지수 합계는 전체 모의기간과 유황 데이터에 걸쳐 제공된 생태지수에 대한 통찰력을 제공합니다. HEC-EFM 에서 "이동"은 본질적으로 활성화된 유황 데이터를 기준으로 설정된 유황 데이터와 비교합니다. 합계 이동은 그림의 순서를 따르지만, 일일 생태지수(1) 대신 생태지수의 일일 차이 (활성화-참조 유황 데이터)의 시계열을 기반으로합니다.

참조되지 않고 활성화된 유황 데이터의 경우, "이동"합계는 참조된 유황 데이터에서 제공되는 생태지수의 변화로 계산됩니다. 합계와 관련하여 합계 이동은 전체 유황 데이터에 대해 각 모의기간에 대해 독립적으로 집계됩니다. 모의기간이 끝나면 집계 결과가 시계열 데이터로 출력됩니다(연간 모의기간 당 하나의 값). 또한 모의기간별 집계 결과도 순위 데이터로 출력됩니다. 두 가지 다 생태지수가 얼마나 성공적으로 제공되는지, 유황 데이터간에 어떻게 다른지에 대한 통찰력을 제공합니다. 음으로의 이동은 기준 유황 데이터에 비해 생태지수가 부정적인 결과를 나타냅니다.

HEC-EFM 버전 5.0 에서 합산 결과는 HEC-DSS 로만 출력 될 수 있습니다.

3.6.4 Indices

여러 생태수문 입력 변수를 분석 할 때 일반적인 결과는 특정 유황 데이터의 경우 생태계의 일부 측면이 성공적이고, 다른 측면은 제대로 수행되지 않는다는 것입니다. 지수값은 사용자가 다양한 유황 데이터의 순효과를 보는 데 도움이 될 수 있습니다. 특정 생태수문 입력 변수가 Index 에 포함되도록 하려면 신뢰도 지수 및 유량 증감에 따른 생태지수 가설 조건을 선택해야합니다. Index 는 참조되지 않은 활성화된 상태의 유황 데이터에 대해 계산됩니다. 각 Index 는 다음 방정식을 기반으로 생태수문 입력 변수 및 통계 결과에 대한 정보를 조합하여 계산됩니다.

$$\boldsymbol{Index} = \sum_{i=1\ldots n} (\text{Direction of Change}_i)*(\text{Confidence}_i)*(\%\ \text{Change in Eco-value}_i)$$

Where:

i *= counter from 1 to n*

n *= number of relationships in the index*

Direction of Change$_i$ *= 1, -1, or 0 for relationship*$_i$

1 indicates that relationship$_i$ *experienced a positive change from the reference flow regime*

-1 indicates that relationship$_i$ *experienced a negative change from the reference flow regime*

0 indicates that relationship$_i$ *experienced no change from the reference flow regime*

Confidence$_i$ *= an integer from 0 to 5 based on the confidence value for relationship*$_i$

$$\textbf{\% Change in Eco-value}_i = \frac{(\text{Eco-value for relationship}_i - \text{Eco-value for relationship}_{reference})}{(\text{Eco-value for relationship}_{reference})}$$

Note: % change in Eco-value is equal to % change in Flow (using statistical results for flow) when hypothesis tracking does not use the curve option.

3.7 모의기간에 대한 유량 지속기간 분석

유량 지속기간 : 모의기간에 대한 분석 기능을 사용하면 Hybrid 유량 지속기간 (시계열 데이터 분석을 사용하는 입력 변수에 대한 흐름 빈도 분석)-초과 확률-유량 지속기간 분석 및 Reverse lookup 옵션을 사용할 수 있습니다. 사용자는 백분율 초과 값을 입력해야 합니다 (그림 17).

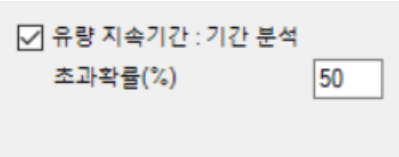


그림 17. 지속 기간 : 모의기간에 대한 분석 기능은 입력 변수 탭을 통해 사용할 수 있습니다. 사용자가 계산 및 입력할 초과 %를 지정해야합니다.

계산 과정은 유량 지속기간 및 Reverse lookup 에 대해 수행 된 것처럼 모의기간 및 지속기간 기준을 적용하는 것으로 시작됩니다. 여기에서 Hybrid 접근 방식이 사용됩니다. 그런 다음 기본 접근 방식은 기록 기간 동안 모든 모의기간에 대한 모든 일일 값의 순위를 매기고 Reverse lookup 값이 같거나 초과되는 시간의 백분율을 계산합니다. Hybrid 접근 방식은 각 모의기간을 독립적으로 고려합니다. 각 모의기간 내의 일일 값은 순위가 지정되고 Reverse lookup 값이 같거나 초과되는 시간의 백분율을 계산하는 데 사용됩니다. 이는 기록 기간의 각 모의기간에 대해 반복되어 일련의 모의기간에 대한 결과를 계산합니다. 그런 다음 모의기간에 대한 결과의 순위가 매겨지고 유량 지속기간 : 모의기간 분석 기능과 관련된 초과확률 값이 전체 기록 기간에 대한 해당 시간 비율을 계산하는 데 사용됩니다 (그림 18).

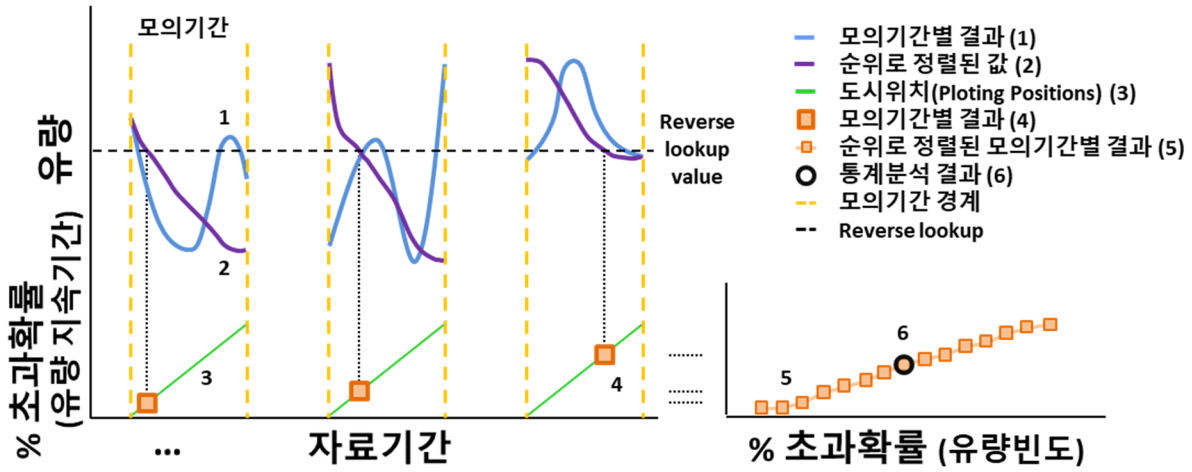


그림 18. 모의기간별 유량 지속기간 분석은 유량 지속기간 및 유량 빈도 개념을 사용하여 모의기간 변동성에 대한 통찰력을 얻습니다.

이 접근 방식은 유량 지속기간 통계에서 모의기간별 변동성을 고려할 수 있도록 합니다. 지속기간-사용자 정의 백분율을 통해 유사한 기능이 제공되지만 사용자 정의 백분율 옵션은 시계열 사양-백분율 초과-흐름 빈도 관계의 일부로만 적용 할 수 있습니다. 이러한 Hybrid 접근

방식은 HEC-EFM 에서 가장 많이 수행되는 통계 분석 중 하나입니다. 계산 순서를 명확하게하기 위해 순서가 지정된 흐름 및 해당 Plotting 값이 출력됩니다. 전체 진행 과정은 다음과 같습니다. 1) 모의기간에 대한 값 추출, 2) 순서 값, 3) Plotting 위치, 4) 모의기간별 결과 – 유량 지속기간 백분율 초과 기준에 따라 5) #4 의 모의기간 결과 집합, 6) 통계 결과 – 흐름 빈도에 따라 사용자가 지정한 유량 빈도 초과 값 : 모의기간 설정 분석의 일부로 지정한 초과 비율 값..

3.8 결측자료 관리

HEC-EFM 은 유황 또는 생태학적 사건이 발생하는 연도의 백분율 또는 시간의 백분율에 따라 생태계 분석을 고려하므로 유황 내에서 누락된 데이터로 인해 분석을 중단해야하는 개념적 이유는 없습니다. "편집"메뉴를 통해 소프트웨어는 HEC-EFM 이 누락된 데이터를 해결하도록 하는 "결측자료 관리"라는 옵션과 사용자가 인터페이스를 열어 직접 입력할 수 있는 "누락된 데이터 식별자 설정" 메뉴 옵션을 제공합니다. 누락된 데이터로 처리 할 숫자 값을 지정할 수 있습니다 (그림 19). 공백과 숫자가 아닌 것은 자동으로 결측값으로 식별됩니다.

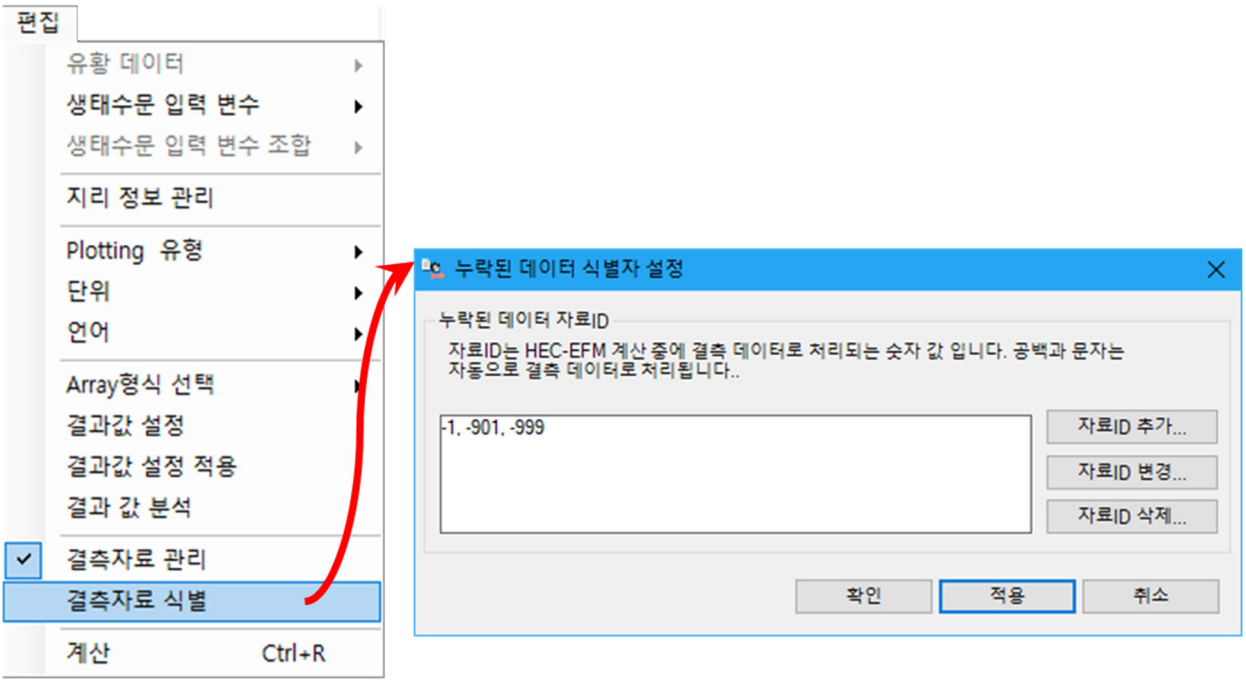


그림 19. 누락된 데이터 식별자 설정 메뉴는 결측자료를 처리 할 값을 지정하는데 사용됩니다.

"결측자료 관리"옵션이 활성화되어 있고 누락된 데이터가 발견되면 소프트웨어는 입력 변수 모의 과정에서 누락된 데이터가 있는 연도를 생략합니다. 빈도, Ranking 및 Plotting 위치와 관련된 연도 (즉, 모든 데이터가 있는 연도)에 따라 조정됩니다. 각 입력 변수에 대해

모의기간이 설정되면 유황 데이터에서 각각의 입력 변수에 대한 누락된 데이터가 있는지 확인합니다.

HEC-EFM 은 또한 누락된 데이터로 인해 생략된 연도를 나열하는 보고서를 생성합니다. 보고서를 보려면 "파일 – 입력 데이터 요약" 메뉴 옵션을 사용하십시오 (그림 20).

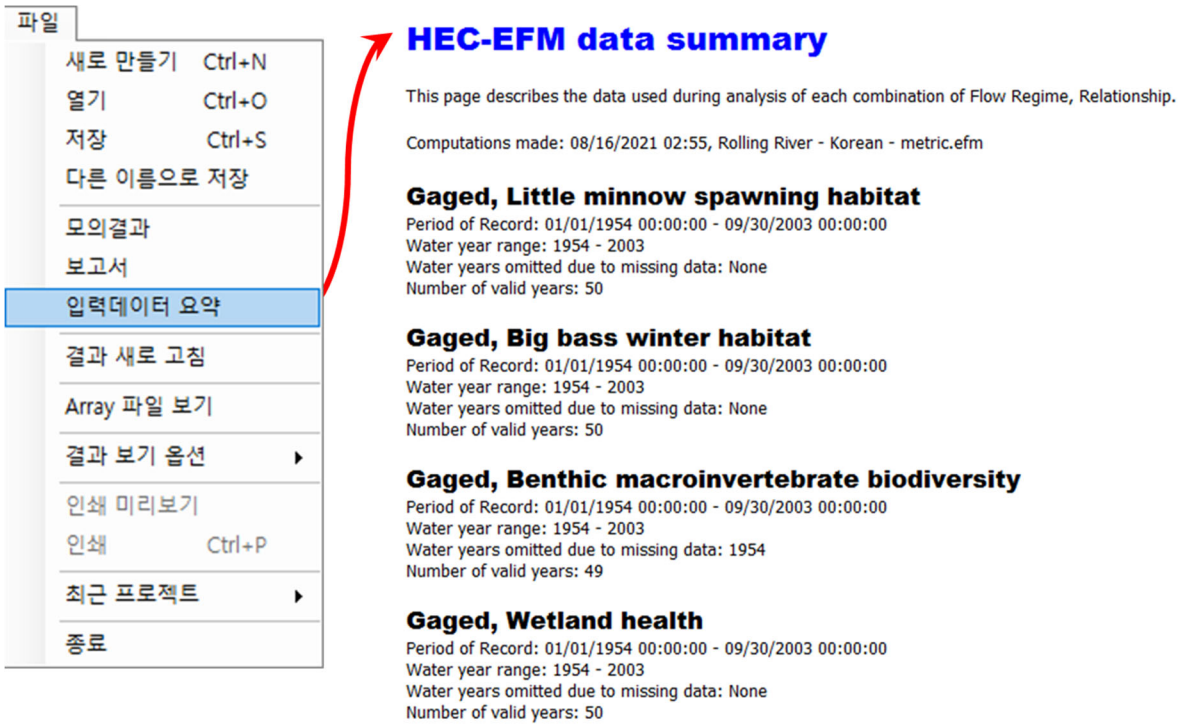


그림 20. 입력 데이터 요약 보고서에서 발췌 한 것으로, 데이터 기록 기간, Water year 범위, 누락된 데이터 및 분석된 유황 데이터와 유효한 연도를 자세히 설명합니다.

CHAPTER 4

예제 프로젝트

예제 프로젝트는 가상의 Rolling River 의 생태계 관계를 분석하게 됩니다. 과제의 진행 순서는 1) eco-hydro 관계 구축, 2) 모델 설정 및 통계 결과 계산, 3) 수리 모델을 통한 시뮬레이션, 4) GIS 를 활용한 생태계 반응을 공간적으로 분석하는 것입니다.

두 가지 유황 데이터가 분석됩니다. "관측 유량" 에는 상류 댐에 의해 유량이 조절되는 Rolling River 의 현재 관리 계획을 반영하는 유량과 수위가 포함됩니다. "자연 유량" 에는 댐이나 인공구조물로 인한 유량 조절없이 하천이 어떻게 변할지를 반영하는 유량과 수위가 있습니다.

유황 데이터가 포함된 완성된 예제 프로젝트는 "도움말 – 예제 프로젝트 설치..."메뉴 옵션을 통해 다운로드 할 수 있습니다.

4.1 입력 변수 구축

아래에 설명된 각각의 시나리오는 Rolling River 연구팀이 조사하고자 하는 생태계의 측면, 생태계 상황을 HEC-EFM 에 반영하여 정의하는데 사용되는 통계해석변수 및 지리정보변수, 그리고 이러한 기준을 구축하는 과정 및 관련정보를 제공합니다.

4.1.1 Little minnow 산란기 서식처

Little minnow 는 Rolling river 유역에만 서식하는 멸종 위기에 처한 물고기입니다. 댐과 같은 인공구조물로 인해 상류로의 이동이 제한되고 Little minnow 산란에 중요한 범람원이 농지로 전환됨에 따라 Little minnow 개체수가 감소했습니다. 연중 **2 월과 5 월** 사이에 **수심이 얕은 (수심 ~1m 이하), 식생이 서식하는 범람원**에서 Little minnow 는 주로 산란합니다. 알은 부화하기 전에 약 21 ~ 28 일 동안 지속적으로 많은 유량이 필요합니다. Little minnow 는 첫해 또는 두 번째 해에 성어기로 자라며, 평균 수명은 약 6 년입니다. 생태학자들은 매년 산란 성공의 지표로 효과적인 산란 서식처를 생성하는 산란기 조건을 사용할 것을 제안합니다. 더욱이 생태학자들은 좋은 산란 조건이 매년 발생할 필요가 없다고 제안합니다. 평균적으로 25%의 확률(4 년에 한번)로 산란에 좋은 조건이 발생하면 충분하고, Little minnow 는 평균 수명 동안 산란할 기회를 갖게 됩니다.

HEC-EFM 생태수문 입력 변수:

- *모의기간*: 2/1 ~ 5/31
- *지속기간*: 24 일, *최솟값* (1 차 유량계열 조건) 중에서 *최댓값*(2 차 유량계열 조건)
- *변화율*: 적용하지 않음
- *초과확률*: 25% (4 년) – 유량 빈도해석
- *생태지수 가설 조건*: 유량 증가(+) 조건이 산란에 긍정적인 영향을 미침
- *지리정보변수*: 수심(0 ~ 1 m), 식생(수생식물)

요약: Little minnow 의 성공적인 산란 여부는 알이 부화할 수 있을 만큼 지속적으로 충분한 시간동안 침수되는 조건이 중요합니다. 이러한 유형의 생태계 다이나믹에 영향을 미치는 시나리오는 EFM 을 통하여 모델링 되며, 일반적으로 유량 계열 조건에 대해 최소 또는 최대의 통계 설정을 사용하여 모의됩니다. *최솟값*은 지속 기간 동안 동일한 또는 더 큰 유량을 계산합니다. *최댓값*은 그 값보다 작은 유량을 계산하는 겁니다. 또한 *초과확률 - 빈도 해석* 옵션은 사용자가 지정한 연도의 백분율과 같거나 초과하는 유량 및 수위를 계산합니다. 초과확률 옵션은 사용자가 지정한 시간에 대한 백분율과 같거나 초과 된 유량 및 수위를 반환합니다.

4.1.2 Big bass 겨울 서식처

Big bass 에 대한 연구에 따르면 **1 월부터 5 월**까지 겨울기간에 Big bass 죽음은 서식처 부족으로 인해 발생합니다. 일반적으로 열악한 환경이 **2 주** 이상 지속될 때 사망률이 증가하는 것으로 나타났습니다. Big bass 의 서식처 부족은 저유량 조건으로 인하여 발생합니다. 생태학자들은 이러한 상태는 **평균갈수량**(average low flow)으로 가장 잘 설명되며, Big bass 가 매년 겨울 강에 서식하고 있기 때문에 **특정연도(평균조건)**를 사용하는 것이 좋은 지표가 된다고 판단합니다. 연구에 따르면 적절한 서식처는 저유량이 28.317 cms 를 초과할 때까지 저유량 증가에 비례한다는 것을 밝혔습니다 (즉, 저유량이 증가할 수록 더 많은 서식처가 생성).

HEC-EFM 생태수문 입력 변수:

- *모의기간*: 1/1 ~ 5/31
- *지속기간*: 14 일, *평균값* (1 차 유량계열 조건), *최솟값*(2 차 유량계열 조건)
- *변화율:* 적용하지 않음
- *초과확률*: 50% (2 년) – *유량 빈도 해석*
- *생태지수 가설조건*: 유량규모별 그래프 활용, 0-0, 28.317-10, 200-0
- **지리정보변수**: 적용하지 않음

요약: "Big bass 의 개체수 감소는 서식처 부족으로 인해 발생했습니다. 일반적으로 열악한 환경조건...."과 같은 내용은 Big bass 연구의 중요한 단서입니다. Big bass 의 서식처가 회복 할 수 있는 충분한 시간이 없이 장기간으로 발생하는 열악한 환경의 영향을 가장 많이 받는다는 단서입니다. 이 시나리오는 Little minnow 산란과는 다릅니다. 이와 같은 생태수문 입력 변수는 일반적으로 기간에 대한 매개변수 평균값 설정을 사용합니다.

4.1.3 저서성 대형 무척추동물의 종 다양성

댐은 고유량을 줄이고 저유량을 증가시키는 경향이 있어, 보다 안정적인 유황을 형성합니다. 이러한 댐의 조절로 저서성 대형 무척추 동물은 더 안정적인 유황에서 번성하는 소수의 종이 다른 모든 종과 경쟁하기 때문에 종종 생물 다양성이 감소했습니다. **홍수**는 하천의 생태계가 기존의 종다양성으로 회복되고, 자연적인 상태로의 회복을 돕습니다. 생태학자들은 **홍수 발생 시기가 중요하지 않다고 주장**하지만 고유량은 **평균 2 년에 한 번** 발생해야 합니다.

<u>HEC-EFM 생태수문 입력 변수</u>:

- *모의기간*: 10/1 ~ 9/30
- *지속기간*: 1 일, 평균값(1 차 유량계열 조건), 최댓값(2 차 유량계열 조건)
- *변화율*: 적용하지 않음
- *초과확률*: 50% (2 년) – 유량 빈도 해석
- *생태지수 가설 조건*: 유량 증가(+) 조건이 종 다양성에 긍정적인 영향을 미침
- *지리정보변수*: 적용하지 않음

요약: HEC-EFM 의 생태수문 입력 변수는 복잡 할 필요가 없습니다. 기본적으로 저서 생물의 종 다양성은 고유량 조건의 함수라고 말합니다. 따라서 입력 변수를 구축하려면 수 년 중 언제든지 짧은 기간동안 고유량에 초점을 맞춘 통계 조건을 적용하십시오. 기간 설정은 연구중인 강과 관련이 있습니다. 예제 프로젝트의 경우 1 일 값이 선택되었지만 1 일에서 7 일 사이의 기간이 좋은 지표가 될 수 있습니다.

4.1.4 습지 건강성

강과 습지 사이의 물의 이동은 습지 건강의 핵심 요소로 언급되어 왔습니다. 잦은 물의 이동으로 습지의 수질은 여전히 양호하지만, 물의 고립화로 인하여 용존 산소가 감소하면서 습지 지역의 수질은 나빠지고 수생 생물종이 죽습니다. 이 시나리오는 **5 월 중순에서 9 월 중순**까지의 따뜻한 여름에만 문제가 발생됩니다. 수문학자가 **16.9901 cms** 이상의 유량이

흘러야만 프로젝트 지역에서 물 교환이 허용한다고 결정했으며, 이 지역에 익숙한 생물학자는 여름 전체기간의 약 **30% 정도 기간**에서 활발한 물의 교체가 이어진다고 제안했습니다.

HEC-EFM 생태수문 입력 변수:

- *모의기간*: 5/15 ~ 9/15
- *지속기간*: 1 일
- *변화율*: 적용하지 않음
- *초과확률*: 30%(전체기간중) - *유량 지속기간* 해석
- *생태지수 가설 조건*: 유량 증가(+) 조건이 습지와 강의 물의 이동에 긍정적인 영향을 미침
- *지리정보변수*: 적용하지 않음

요약: 본 분석은 생태수문 입력 변수에서 *초과확률 – 유량 지속기간* 해석을 사용하는 첫 번째 예제 프로젝트 입니다. 이 경우 강과 습지 간의 활발한 물의 이동이 전체기간의 30 % 정도로 발생하면 건강한 조건이 형성됩니다. Little minnow 에서 언급했듯이 *초과확률 – 유량 지속기간* 옵션을 사용하면 사용자가 지정한 시간 비율과 같거나 초과 된 유량 및 수위가 산정됩니다.

4.1.5 수변 식생이입(Riparian tree recruitment) 및 침수

댐의 영향과 범람원의 농지 전환은 수변에서 번식하는 수목과 식생에 부정적인 영향을 미치는게 입증되었습니다. 과학적 연구를 통해 식생 이입은 발아 기간 동안 발생하고 고유량과 연결되어 있습니다. 또한 발아 후 식생의 생존문제는 수위의 함수입니다. 침수되면 묘목이 익사하기 쉽고 반대로 수위가 너무 빨리 낮아지면 뿌리가 건조되고 묘목이 손실됩니다.

수변식생(하안수목, riparian tree)의 발아 기간은 **6 월 중순에서 7 월 사이**에 발생하는 것으로 나타났습니다. 생태학자들은 발아 후 수위가 **1 주일 당 0.1768 meters** 이상 떨어지면 묘목의 생존 가능성이 낮다는 것을 발견했습니다. 지속 가능한 하안식생 상태를 유지하려면 높은 수위가 **10 년에 한 번** 이상 발생해야 합니다.

HEC-EFM 생태수문 입력 변수: 식생 이입

- *모의기간*: 6/15 ~ 8/1
- *지속기간*: 1 일
- *변화율*: 0.1768 m / 7 일 기준 – 수위(하강)
- *초과확률*: 10% (10 년) – 유량 빈도 해석
- *생태지수 가설 조건*: 유량 증가(+) 조건이 식생 이입의 긍정적인 영향을 미침
- *지리정보변수*: 적용하지 않음

하안수목의 묘목은 장기간의 침수에 민감합니다**. 8 월 초부터 9 월 중순**까지는 수목의 씨앗이 장기간 침수 될 경우 익사 할 가능성이 가장 높은 시기입니다. 침수 지속시간 **21 일**은 묘목이 죽기 전에 지속적으로 침수 될 수 있는 예상 시간입니다. 지속적인 침수가 0.1524m 미만이면 묘목이 생존 할 가능성이 더 높습니다. 중앙값 조건**(2 년)**을 일반적인 침수 추정치로 사용할 수 있습니다.

HEC-EFM 생태수문 입력 변수: 수변식생 침수

- *모의기간*: 8/1 ~ 9/15
- *지속기간*: 21 일, 최솟값(1 차 유량계열 조건), 최댓값(2 차 유량계열 조건)
- *변화율*: 적용하지 않음
- *초과확률*: 50% (2 년) – *유량 빈도 해석*
- *생태지수 가설 조건*: 유량 감소(-) 조건이 식생 침수의 긍정적인 영향을 미침
- *지리정보변수*: 수심 (0 ~ 0.1524m)

요약: 이 시나리오에는 실제로 단일 생태계에 관계를 분석하는데 사용되는 두 개의 생태수문 입력 변수가 필요합니다. 가장 중요한 관심사는 하안에 새로운 묘목이 성공적으로 정착할 수 있는가 입니다. 새로운 묘목이 성장(이입)을 시작하기 위해 유량 및 수위 조건이 만족될 때 성공적으로 정착되며, 묘목이 성장하는 단계에서 발생하는 침수(inundation)에서도 살아남을 때 최종적으로 하안수목의 서식처가 정착됩니다.

수변식생 이입은 *변화율* 매개변수를 사용합니다. 모의기간이 끝날 때 시작되고 하루에 한번씩 모의기간이 시작될 때까지 모의하여 변화율 임계값 초과여부를 확인합니다. 사용자 지정 모의기간의 마지막 초과 시점의 유량과 수위는 "모의기간 결과"로 기록됩니다. 이러한 모의기간에 대한 결과 (각 Water year 에 대한 한 쌍의 유량 및 수위)는 빈도해석 결과표에 순위가 지정됩니다. 식생이입에 대한 통계 결과는 10 % 초과확률 값으로 보간됩니다.

수변식생침수 모의는 *최솟값-최대값 지속기간*의 유량계열 조건을 사용하여 새로운 식생이입을 효율적으로 제공하는 유량 및 수위를 계산합니다.

이 두 가지 생태수문 입력 변수의 관계는 생존 가능한 수변식생(수목)의 정착 및 최종서식처를 분석하기 위해 조합하며, 이입과 침수 모의결과의 차이는 새로운 묘목의 이입으로 이어지는 과정입니다.

HEC-EFM 생태수문 입력 변수 조합: 수변 식생(수목)의 정착

조합할 생태수문 입력 변수 – (하안) 식생 이입

레이어 병합 – (하안) 식생 침수

4.2 모델 설정

4.2.1 새로운 프로젝트 생성 및 유황설정

1. HEC-EFM 을 열고 "*파일 – 새로 만들기*" 메뉴 옵션을 사용하여 새 프로젝트를 시작합니다. *속성 정보 탭*의 모델 정보 섹션에 프로젝트명, 연구책임자 및 프로젝트 설명을 입력합니다..

2. 이 프로젝트의 데이터는 HEC-EFM 소프트웨어를 설치할 때 컴퓨터에 복사한 HEC-EFM 예제 프로젝트의 일부입니다. "*도움말 – 예제 프로젝트 설치...*" 메뉴 옵션을 사용하여 예제 프로젝트를 컴퓨터에 저장합니다 (그림 21).

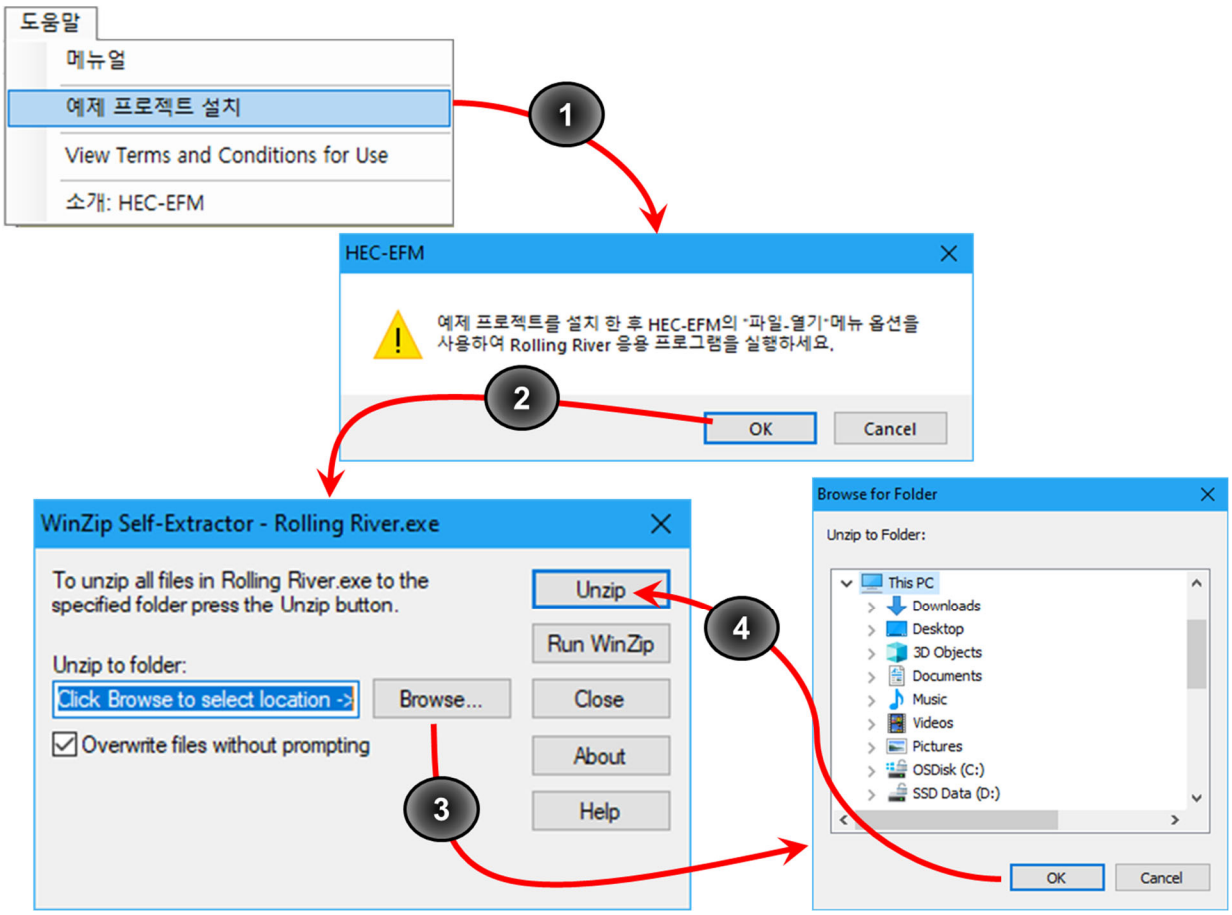


그림 21. 예제 프로젝트의 Working directory 설정

.

3. 유황 데이터는 예제 프로젝트에 포함 된 "Rolling River Data.dss"에 있습니다. 첫 번째 유황 데이터는 기존 이름이 부여되며, 이름을 바꿔야합니다. *"편집 – 유황 데이터 – 이름 변경하기..."*메뉴 옵션을 사용하여 *유황 데이터 이름 변경* 메뉴를 사용합니다. 기존 이름 텍스트 상자에 Natural 을 입력하고 확인을 클릭합니다 (그림 22).

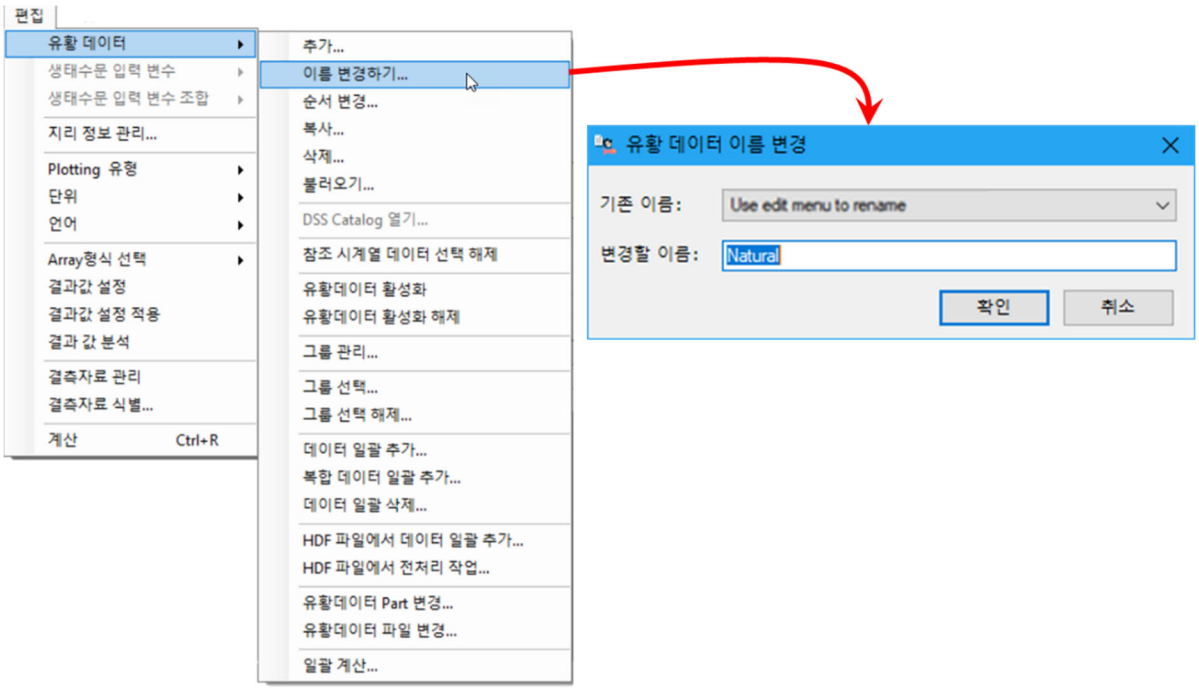


그림 2. 유황 데이터 이름 설정 방법.

4. 커서를 *파일 이름* 셀 위로 이동하고, 찾아보기 버튼을 눌러 유황 데이터를 추가합니다 (그림 23). 저장 위치에서 Rolling River 폴더를 찾아 "Rolling River Data.dss"를 선택한 다음 확인을 클릭합니다. *참고 : 찾아보기 버튼은 파일 이름 셀을 선택한 경우에만 나타납니다.*

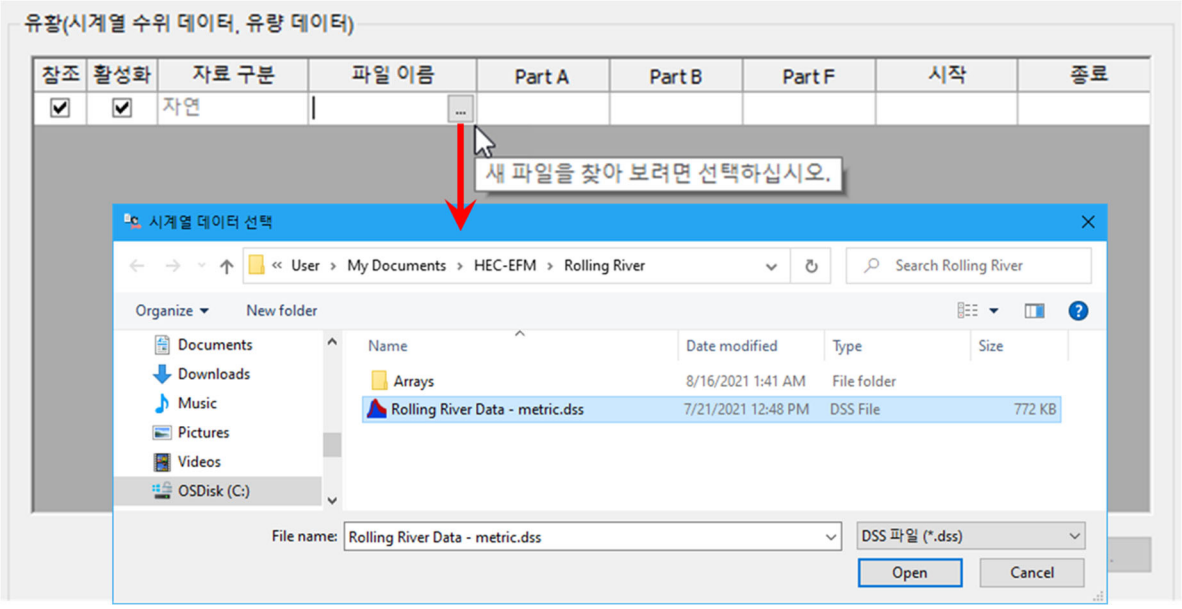


그림 23. 유황 데이터 파일 추가하기.

5. *Open DSS Catalog* 버튼을 클릭하여 해당 유황 데이터에 대한 *HEC-DSS Catalog* 를 활성화 합니다 (그림 24).

/ ROLLING RIVER / AT EFM XS / FLOW // 1DAY / NATURAL /로 이동하여 f 부분 "NATURAL"을 강조하고 선택을 클릭합니다. HEC-EFM 에는 a-, b- 및 f- 파트가 선택한 유황 기록과 일치하는 시계열 수위를 찾는 자동 매핑 기능이 있습니다. HEC-EFM 이 일치하는 항목을 찾으면 일치하는 시계열을 해당 유황 데이터의 해당 수위 값으로 사용해야하는지 묻는 메시지 상자가 열립니다. "예" 를 클릭하십시오. 수위 및 유량 시계열 데이터가 모두 선택되면 확인을 누릅니다.

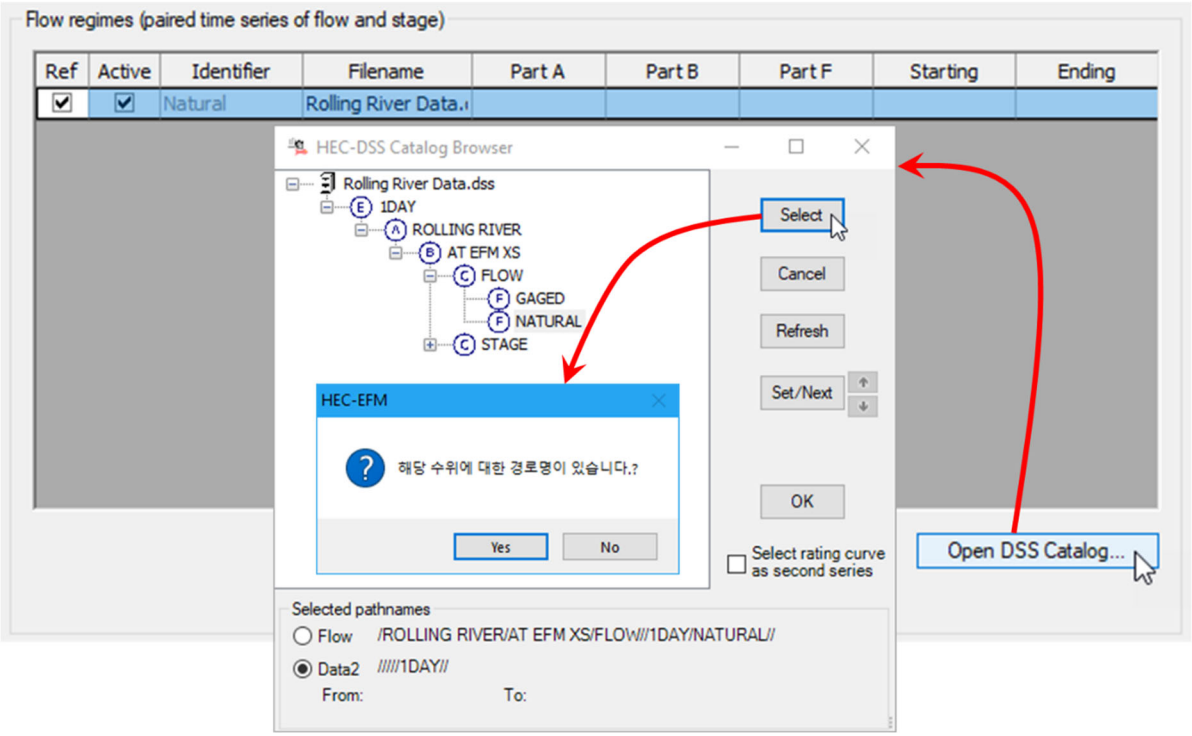


그림 3. 유량 및 수위 시계열 데이터 선택.

6. "*편집 – 유황 데이터 – 추가...*" 메뉴 옵션을 사용하여 유황 데이터 추가 메뉴를 활성화 합니다. *이름* 칸에 Gaged 를 입력하고 확인을 클릭합니다 (그림 19). 4 단계와 5 단계를 반복하여 새로운 유황 데이터를 추가합니다. 유황 데이터에서 강조 표시된 셀이 Gaged 행에 있을때 *Open DSS Catalog...* 단추를 클릭하고 DSS Catalog 를 활성화 한 이후 f-part "GAGED"를 선택해야합니다.

7. 하천생태계 변화 방향성을 비교 분석할 때 분석의 기준이 되는 유황 데이터를 정의하는 것이 중요합니다. 예제 프로젝트에서는 Natural 유황 데이터를 참조로 사용합니다. 유황 데이터를 참조로 만들려면 해당 유황 데이터 *참조* 열에 있는 네모상자를 클릭합니다 (그림 25). 이 경우 Natural 이 첫 번째 유황 데이터로 생성 되었기 때문에 체크 표시가 이미 상자에 되어있습니다. 계산 중에는 활성화 된 유황 데이터만 분석에 고려됩니다.

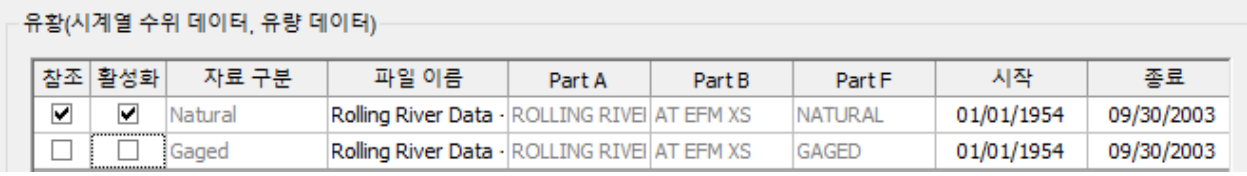


그림 4. 유황 데이터의 참조 및 활성화.

8. 속성 정보 탭이 그림 26 과 같이 보일 것입니다. "*파일 – 다른 이름으로 저장*" 메뉴 옵션을 사용하여 프로젝트를 저장하십시오.
   참고: 완성된 예제 프로젝트는 Rolling River.efm 으로 설정됩니다. 다른 폴더에 저장하기 위해서는, 프로젝트의 이름을 변경해야 합니다.

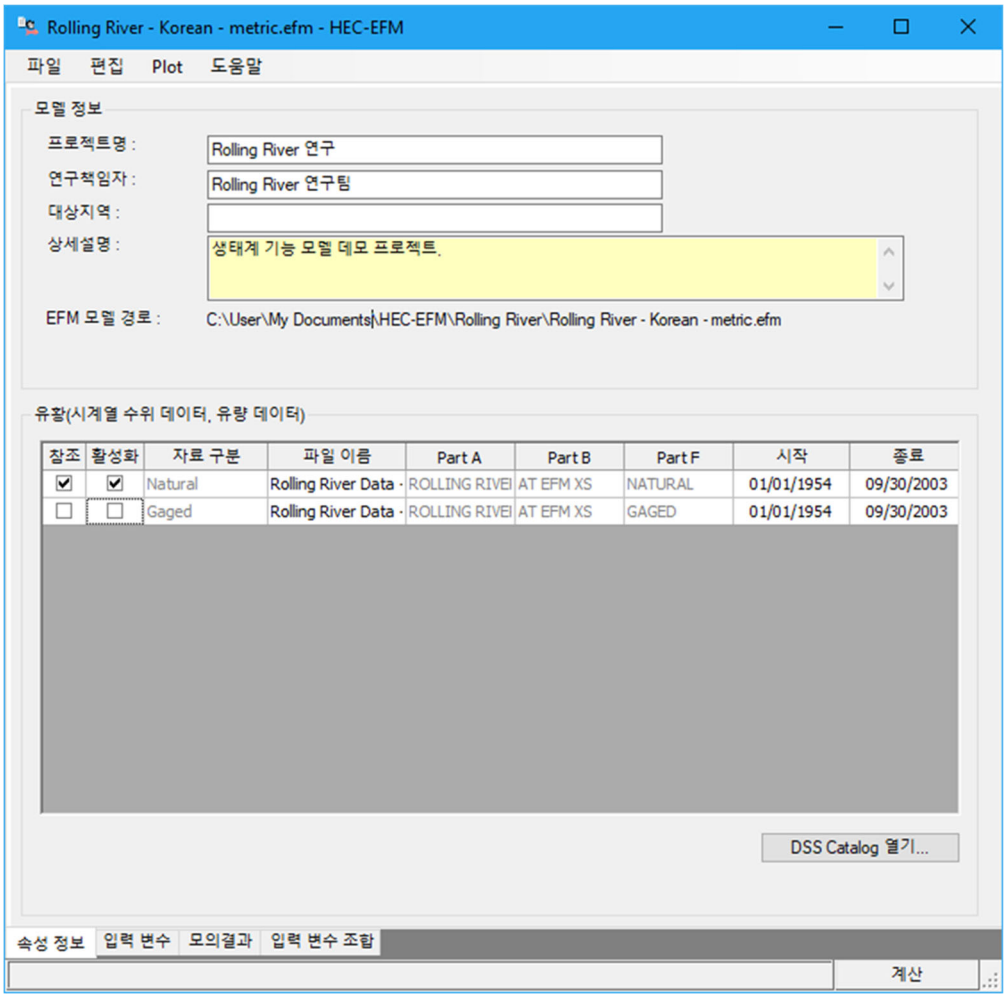


그림 5. 예제 프로젝트의 속성 정보 탭 입력이 완성된 상태

4.2.2 생태수문 입력 변수 정의

1. 다음 단계는 생태수문 입력 변수를 입력하는 것입니다. 입력 변수 탭으로 이동하고 "*편집 – 생태수문 입력 변수 – 추가...*"메뉴 옵션을 사용하여 메뉴를 활성화합니다. 이름 텍스트 상자에 Little minnow spawning habitat 를 입력하고 *확인*을 클릭합니다 (그림 27).

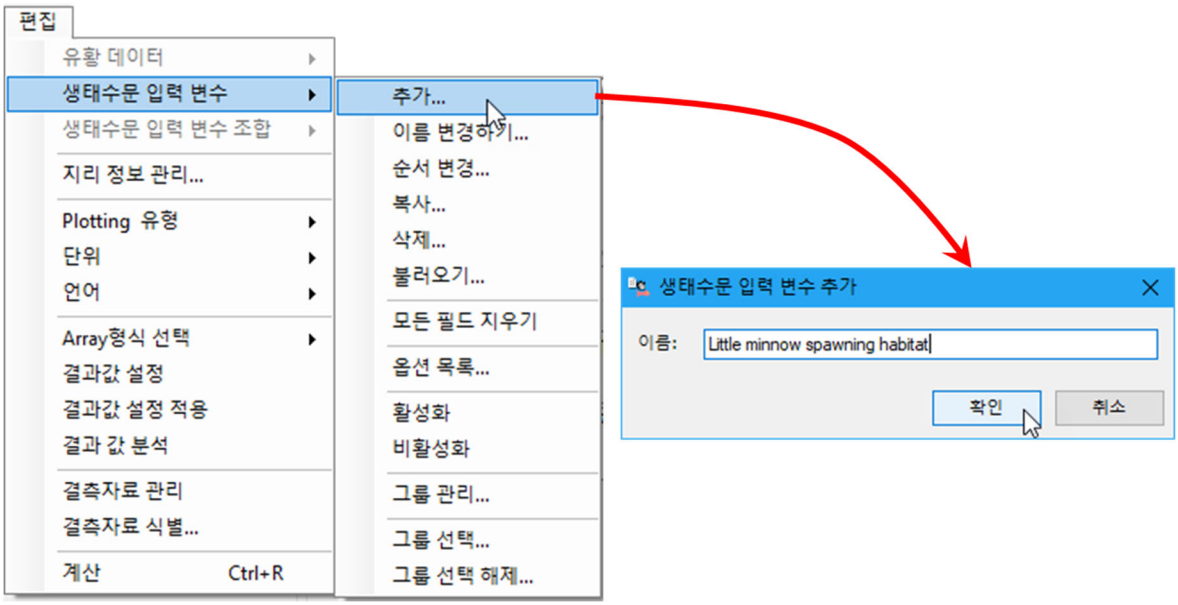


그림 6. 생태수문 입력 변수 추가.

2. Little minnow spawning habitat 에 대한 상세설명, 통계해석변수 및 가설을 입력합니다 (그림 28).

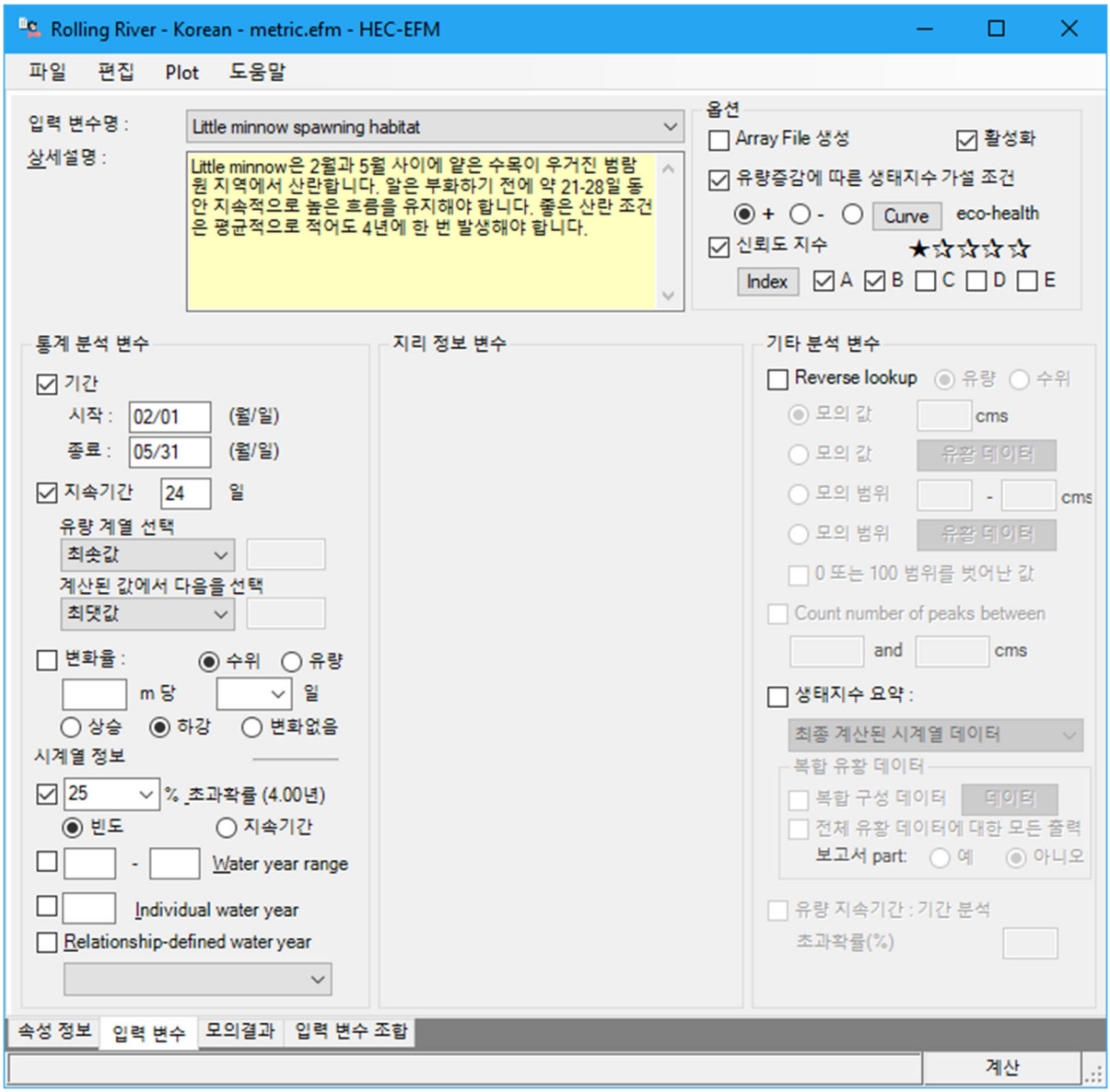


그림 7. Little minnow 입력변수에 대한 통계해석 변수 및 가설 조건 설정

3. *계산* 버튼 (화면 오른쪽 하단)을 클릭합니다. 결과는 모의결과 탭에 표시됩니다 (그림 29).

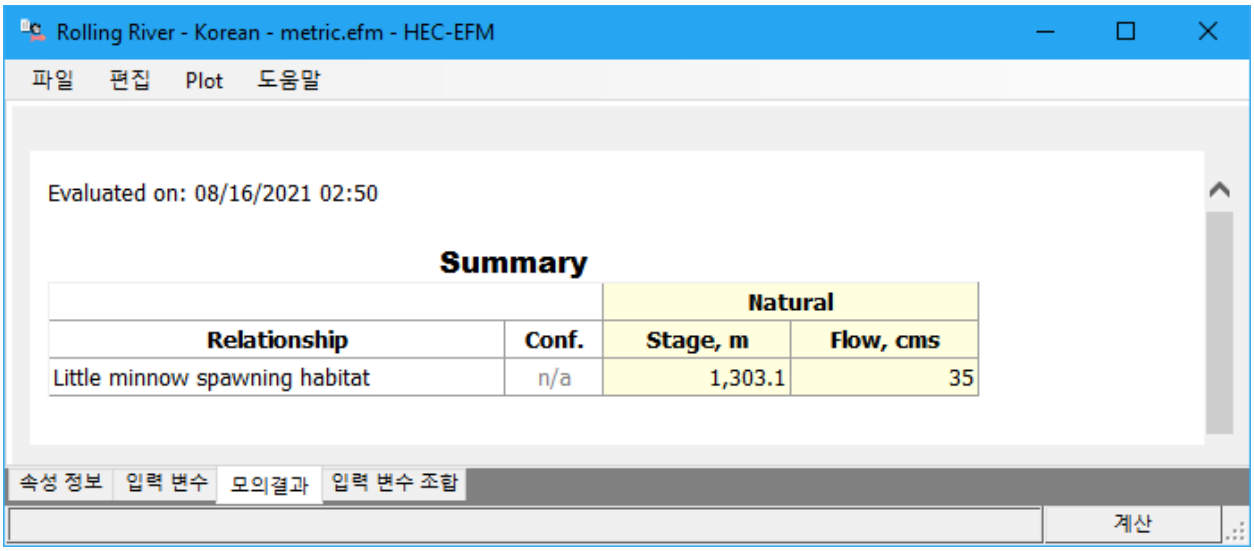


그림 8. 자연 유황 데이터에 대한 Little minnow 의 통계해석 결과.

4. 다음으로 *속성 정보* 탭을 선택합니다. *활성화*의 박스를 선택하여 Gaged 유황 데이터 를 활성화합니다. 다시 *계산* 버튼을 클릭합니다. 이제 Natural 및 Gaged 유황 데이터에 대한 결과가 표시됩니다 (그림 30).

   참고 : 본 과정에서 Little minnow 입력변수가 변하지 않았음을 인지하는 것이 중요합니다. ***유황 데이터와 생태수문 입력 변수는 상호 독립적으로 존재합니다.*** *두 번째 유황 데이터(Gaged)가 활성화되었을 때 HEC-EFM 은 Little minnow 에 대해 정의된 것과 동일한 통계적 기준을 적용하여 각각의 유황 데이터에 대한 통계 해석을 실시합니다. 또한 각각의 유황이 고유한 유량 및 수위의 패턴이 존재하기 때문에 결과는 다르게 모의됩니다.*

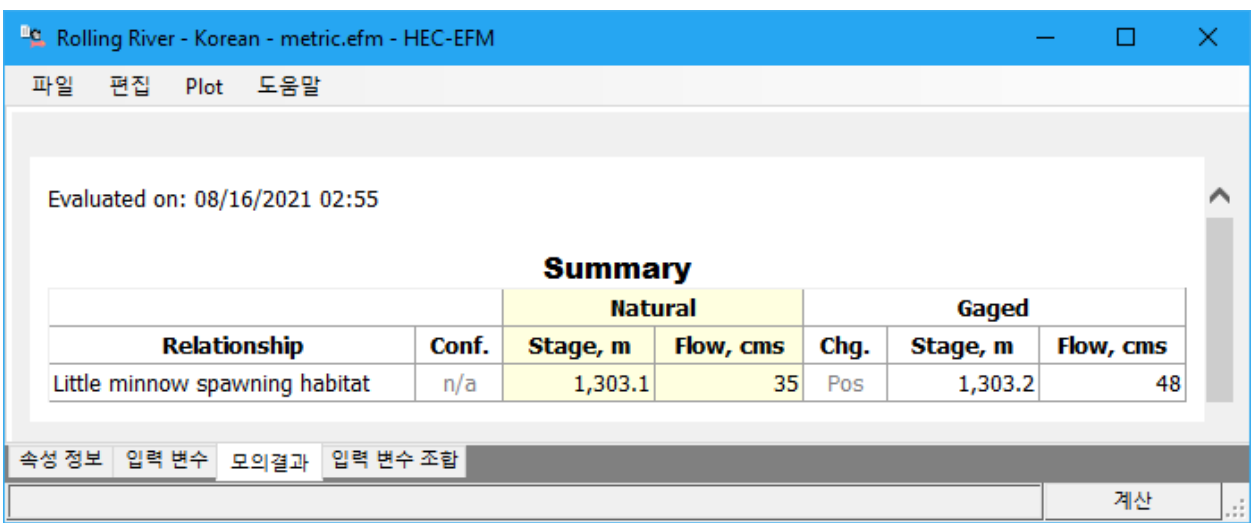


그림 30. Natural 및 Gaged 유황 데이터를 활성화 하여 Little minnow 의 산란기 서식처를 통계 분석한 결과.

5. 다음 단계는 지리정보변수를 만드는 것입니다. *입력 변수* 탭으로 이동하고 "편집 – 지리 정보 관리" 메뉴 옵션을 사용하여 **지리 정보에 대한 태그 관리** 메뉴를 활성화 합니다. (그림 31). *태그 추가*... 버튼을 클릭하여 *태그 추가* 인터페이스를 활성화 하고. 이름에 "Depth"를 입력하고 확인을 클릭합니다. 이 단계를 반복하여 "Vegetation"및 "Land Use"라는 태그를 추가합니다.

   이제 생태수문 입력 변수 열에서 해당하는 입력변수를 하이라이트하고 *태그 선택*... 버튼을 클릭하여 태그를 Little minnow 산란기 서식처와 연결합니다. *태그 선택* 메뉴가 열립니다. Depth and Vegetation 을 선택하고 *추가* 버튼을 클릭합니다. *확인*을 클릭하여 태그 관리 메뉴에 선택 사항을 저장 한 다음 *태그 관리* 메뉴에서 *확인*을 클릭하여 태그와 선택 사항을 프로젝트에 저장합니다. 선택한 태그의 텍스트 상자가 입력 변수 탭에 나타납니다. Little minnow 태그에 대한 설명을 입력하십시오. 깊이에 "Shallow habitat 0 to ~1m"를 입력합니다. 식생의 경우 "수생 식물 필요"를 입력합니다 (그림 32).

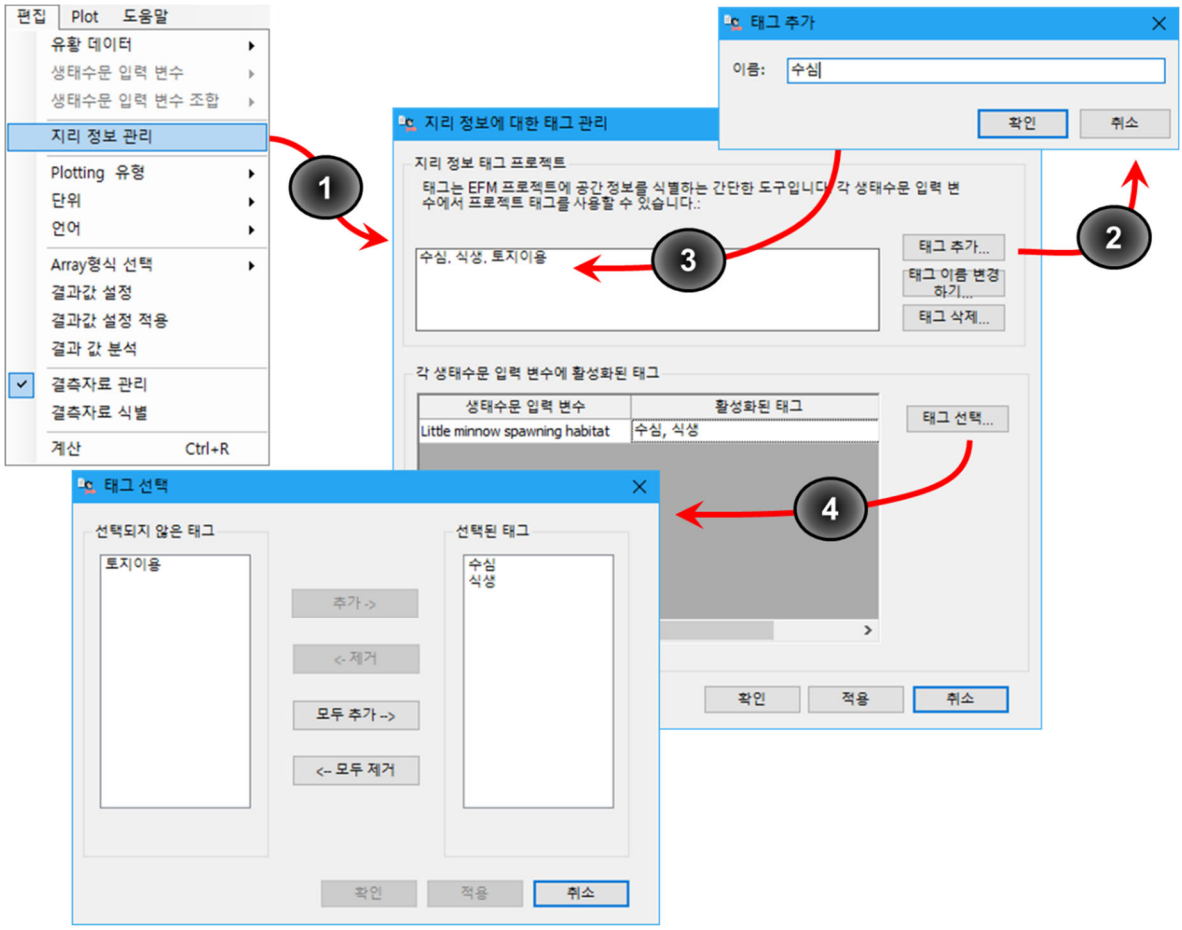
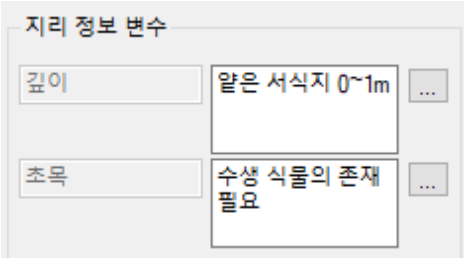


그림 31. 지리 정보 태그를 추가하는 과정.

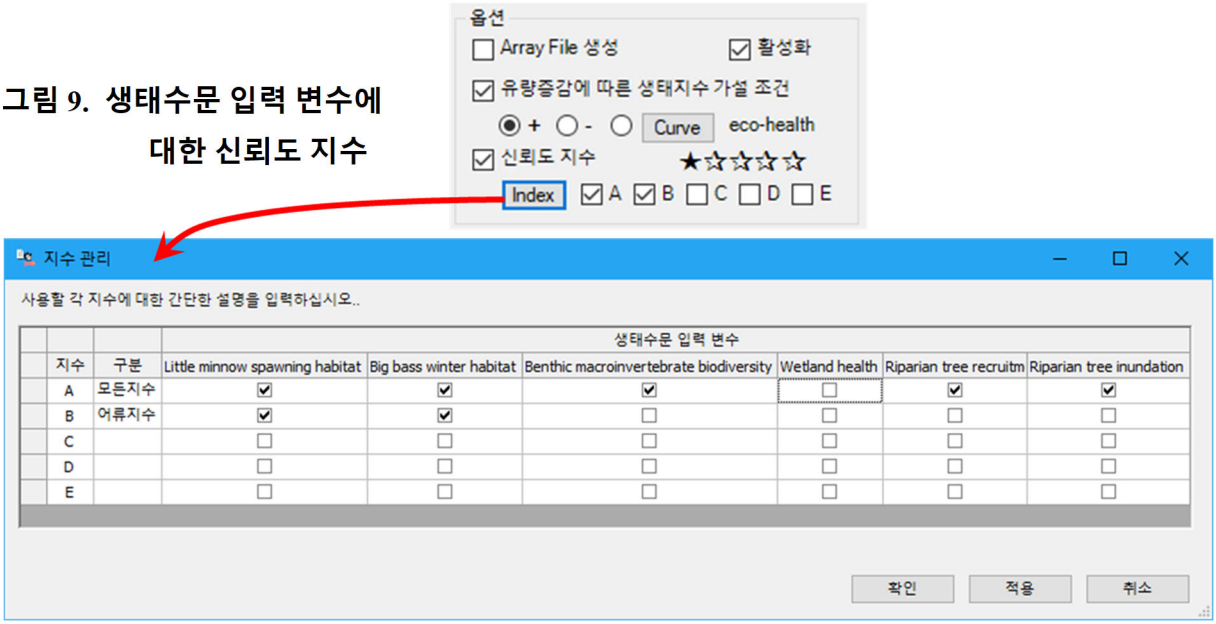
그림 32. Little minnow 산란기 서식처 입력변수에 대한 지리정보변수



6. 다른 생태수문 입력 변수 (Big bass 겨울 서식처, 저서성 대형 무척추 동물, 습지 건강, 식생 이입 및 침수)에 대해 1 ~ 5 단계를 반복합니다.

7. 각각의 생태수문 입력 변수에 대한 *신뢰도 지수를* 활성화합니다(그림 33). 또한 모든 입력변수를 하나의 별로 지정합니다.

그림 9. 생태수문 입력 변수에 대한 신뢰도 지수



8. 다음으로 Index 버튼을 클릭하여 메뉴를 활성화 시킵니다(그림 33). Index A 에 "All"을 입력하고 인덱스 B 에 "Fish"를 입력합니다. 각각의 생태수문 입력 변수에 대해 박스 A 를 모두 선택하고, Little minnow 및 Big bass 의 입력변수에 대해 박스 B 를 선택하여 지수와 연결시킵니다.

9. 본 프로젝트에는 2 개의 유황 데이터, 6 개의 생태수문 입력 변수 및 2 개의 지수가 입력되었습니다. "파일 – 저장" 메뉴 옵션을 사용하여 프로젝트를 저장 한 다음 계산을 클릭하여 분석을 시작합니다.

4.2.3 결과

6 개의 생태수문 입력 변수 중 4 개는 Gaged 유황에 긍정적인 변화(positive change)를 보여줍니다(그림 34). 수변식생 침수와 저서생물 종 다양성 에 부정적인 변화를 보여줍니다. 저서생물 다양성은 유황 분석 결과 차이에 가장 큰 변화를 보였습니다.

Summary

		Natural		Gaged		
Relationship	Conf.	Stage, m	Flow, cms	Chg.	Stage, m	Flow, cms
Little minnow spawning habitat	*	1,303.1	35	Pos	1,303.2	48
Big bass winter habitat	*	1,302.8	15	Pos	1,302.8	17
Benthic macroinvertebrate biodiversity	*	1,304.4	187	Neg	1,303.7	90
Wetland health	*	1,302.8	18	Pos	1,302.9	22
Riparian tree recruitment	*	1,303.0	29	Pos	1,303.0	32
Riparian tree inundation	*	1,302.6	11	Neg	1,302.8	17

그림 10. HEC-EFM 모의결과의 요약

지수 값은 모든 생태수문 입력 변수에 대해 부정적인 반응(Neg)으로 나타났고, 어류에 대해서는 긍정적인 반응 (Pos)이 나타났습니다(그림 35). 양의 값은 긍정적 변화로 양의 변화가 지수의 관계에 대해 부정적인 변화보다 크다는 것을 의미합니다.

Index Values

Index	Gaged
A - 모든지수	-4.7
B - 어류지수	27.4

그림 11. 모든 생태수문 입력변수와 어류에 대한 지수 값

Rolling River 는 습지 연구에 있어 관심 있는 지역입니다. 이러한 관심으로 인해 수 많은 검토 및 연구와 풍부한 데이터가 존재합니다. 지금까지의 연구는 습지 건강성을 정의하는 방법에 도움을 줄 수 있으므로, 5 개의 별(그림 36)에 대한 신뢰도 지수를 지정합니다. 다른 모든 생태수문 입력 변수는 별 한 개를 지정합니다.

☑ 신뢰도 지수 ★★★★★

그림 12. 습지 건강성 입력 변수에 대한 신뢰도 지수 증가.

다시 계산 버튼을 클릭합니다. 모든 생태수문 입력 변수의 신뢰도 지수 값은 음수에서 양수로 바뀝니다(그림 37). 지수는 검사기능으로 가장 잘 이용됩니다. 여러 개의 입력변수에 대해 독립적인 상태를 하나의 지수로 적용하는 것은 주의해서 사용해야 하는 방식입니다.

Index Values

Index	Gaged
A - 모든지수	9.5
B - 어류지수	27.4

그림 13. 습지 건강성 입력 변수에 대한 신뢰도 지수를 증가시킨 이후 지수 값

Reverse lookup 매개변수를 사용하여 습지건강성을 살펴 보려면 *"편집 – 생태수문 입력 변수 – 복사..."*메뉴 옵션을 사용하여 생태수문 입력 변수 복사 메뉴를 활성화합니다. 이름에 Wetland health reverse lookup 을 입력하고 확인을 클릭합니다(그림 38).

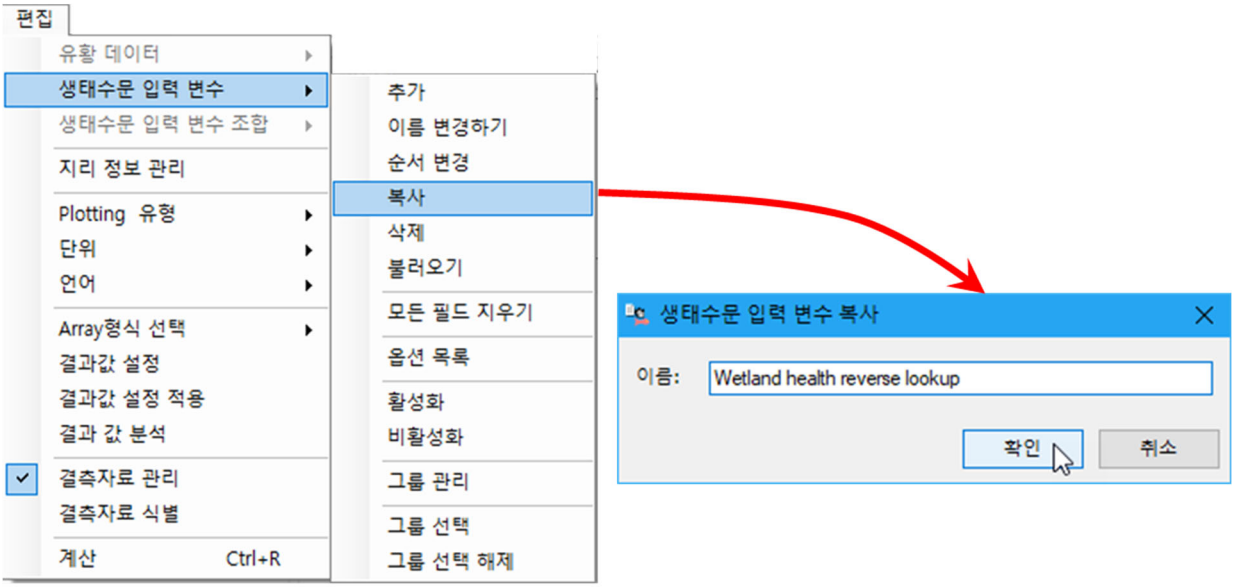


그림 14. 생태수문 입력 변수 복사 과정.

*기타 분석 변수*에서 *Reverse lookup* 매개변수를 활성화 하십시오. 텍스트 상자에 16.99cms 를 입력합니다(그림 39). Reverse lookup 이 초과확률을 기준으로 유량을 계산하지 않기 때문에 초과확률이 회색으로 활성화 되지 않습니다. 대신 사용자가 유량 값을 지정하고 HEC-EFM 은 유량이 같거나 초과되는 년도의 백분율 또는 시간에 대한 백분율을 계산합니다.

참고 : 비표준 쿼리(Non-standard queries) (예 : Reverse lookup)는 지수에 포함될 수 없습니다.

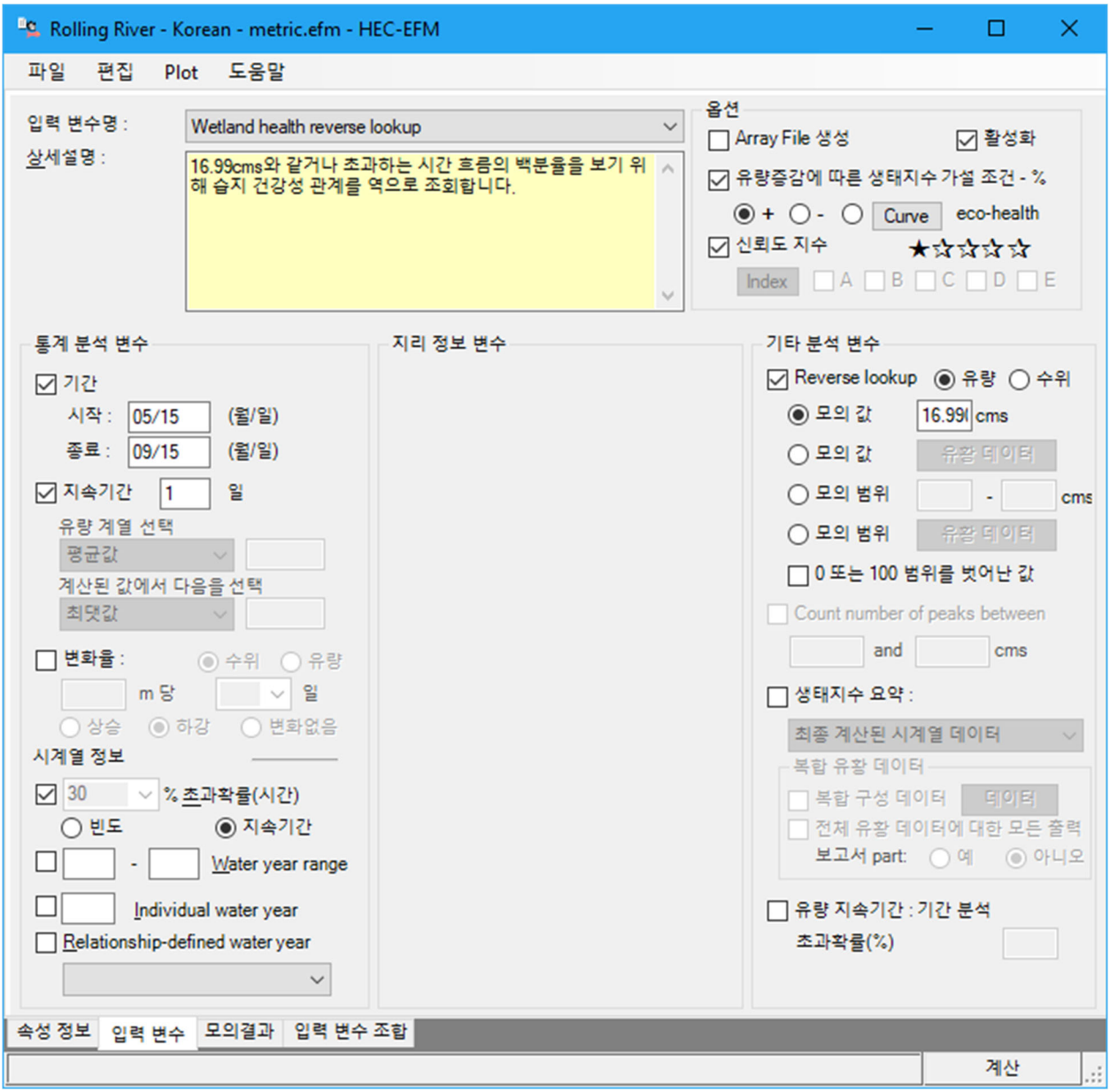


그림 15. HEC-EFM 에서 습지 건강성 입력 변수에 대한 Reverse lookup 입력 과정

습지 건강성에 대한 Reverse lookup 결과는 두개의 유황 데이터가 모두 30 % 기준을 초과했음을 보여줍니다(그림 40). Gaged 유황 데이터(67.1 %)에 대한 결과는 Natural 유황 결과인 34.1 %보다 거의 두 배로 증가되었으며, Rolling River 의 자연 유량인 16.99cms 와 같거나 그 이상이었습니다.

Reverse Look-ups - Flow Duration

		Natural	Gaged	
Relationship	**Conf.**	**%X, of time**	**Chg.**	**%X, of time**
Wetland health reverse lookup	*	34.1	Pos	67.1

그림 40. 습지 건강성에 대한 Reverse lookup 계산 결과

4.2.4 HEC-EFM Output

모의결과 탭에 표시되는 통계분석 결과 외에도 HEC-EFM 은 통계분석 결과를 생성하는 동안 생성되는 계산 파일과 프로젝트 요약보고서를 생성합니다. 프로젝트 요약보고서를 보려면 "*파일 – 보고서*"메뉴 옵션을 사용하십시오.

기본적으로 계산 시간을 최소화하기 위해 계산 파일은 소프트웨어에서 자동으로 생성되지 않습니다. 이 옵션은 각각의 생태수문 입력 변수에 대해 개별적으로 선택할 수 있습니다. 기능을 테스트하려면 *입력 변수* 탭으로 이동하여 Big Bass 겨울 서식처를 선택한 다음 *옵션* 메뉴에서 *Array File 생성*을 활성화합니다(그림 41).

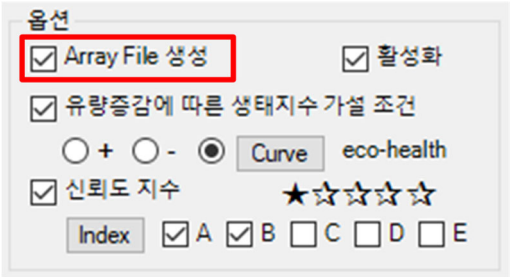
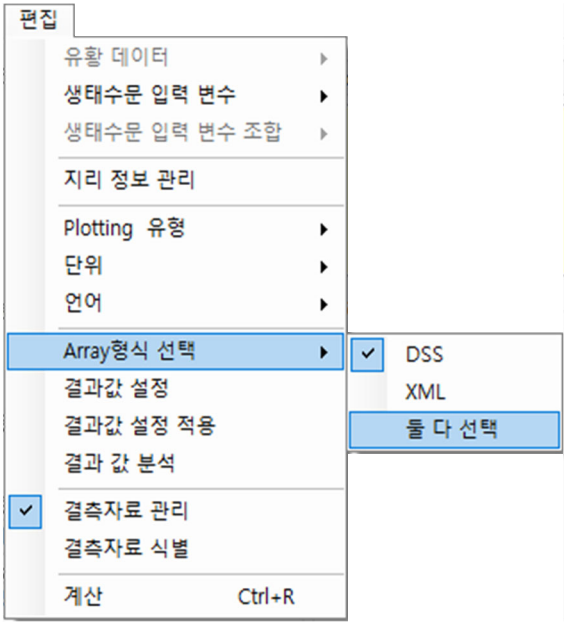


그림 41. Array File 생성 활성화.

출력 형식은 "*편집 – Arrays 형식 선택*" 메뉴 옵션을 통해 선택됩니다. *XML, DSS 또는 둘 다 선택*이 가능합니다. *둘 다 선택*을 클릭하고 계산 버튼을 클릭합니다 (그림 42).
출력값을 저장하기 위해 HEC-EFM 프로젝트 파일의 디렉토리에 "Arrays"라는 폴더가 생성됩니다.

그림 16. Array 형식 선택 메뉴 옵션을 통한 출력 선택



XML 이라는 용어는 Extensible Markup Language 를 의미합니다. XML 은 데이터 보관 및 보기에 널리 사용되는 형식입니다. 유황 데이터와 생태수문 입력변수의 조합에 대해 별도의 XML 파일이 생성됩니다. 이 파일에는 HEC-EFM 에서의 계산과정, 통계분석 결과 및 빈도 곡선이 포함되어 있습니다. XML 배열은 최종결과가 파일의 맨 위에 위치하고 각 계산 단계가 역순으로 오도록 구성됩니다 (그림 43). *"파일 – Array File 보기..."* 메뉴 옵션을 사용하여 "관측 유황_Big bass 겨울 서식처.xml"을 선택하고 열기를 클릭하십시오.

그림 17. Big bass 겨울 서식처 및 Gaged 유황에 대한 XML 출력 파일 일부

HEC-EFM computational arrays

This page shows intermediate computational arrays from the following analyses. Choose the *go* link to jump to a particular analysis.

1. Time series record: Gaged, relationship: Big bass winter habitat go

Gaged, Big bass winter habitat

Computations made: 8/17/2021 1:43:46 AM, Rolling River - Korean - metric.efm

Result: Flow = 17 , Stage = 1,302.8, Closest water year = 1969

Eco-value = 10.0

Water years omitted due to missing data: None

Frequency analysis

Plotting position: Weibull

Rank	Frequency	WY	Flow	Stage
1	.01961	1975	25	1,302.9
2	.03922	1973	25	1,302.9
3	.05882	1984	23	1,302.9
4	.07843	1978	22	1,302.9
5	.09804	1980	22	1,302.9
6	.11765	1977	22	1,302.9
7	.13725	1976	21	1,302.9
8	.15686	1983	21	1,302.9
9	.17647	1998	21	1,302.9
10	.19608	1972	20	1,302.8
11	.21569	1990	20	1,302.8
12	.23529	1964	20	1,302.8
13	.2549	1965	19	1,302.8
14	.27451	1966	19	1,302.8
15	.29412	1958	19	1,302.8
16	.31373	1991	19	1,302.8
17	.33333	1954	19	1,302.8
18	.35294	1979	18	1,302.8
19	.37255	1993	18	1,302.8
20	.39216	1960	18	1,302.8
21	.41176	1974	18	1,302.8
22	.43137	1970	18	1,302.8
23	.45098	1971	18	1,302.8
24	.47059	1968	18	1,302.8
25	.4902	1969	17	1,302.8
	.5		17	1,302.8
26	.5098	1967	17	1,302.8
27	.52941	1982	17	1,302.8

보고서는 Big bass winter habitat의 유황에 대한 통계 분석 결과입니다. 노란색으로 표시된 부분은 통계 기준을 충족하는 수위와 유량입니다.

노란색으로 강조된 값은 통계분석 결과입니다. 이 표에는 데이터 기록 기간의 각 연도에 대한 모의기간별 결과도 포함되어 있습니다. 이러한 정보는 *모의결과* 탭에 표시된 통계분석 결과보다 생태수문 입력 변수 및 유황 데이터에 대한 자세한 정보를 제공하며 HEC-EFM 응용 프로그램 활용에 매우 유용 할 수 있습니다.

동일한 데이터는 "arrays.dss"라는 파일에 저장되며 유황 데이터 및 생태수문 입력 변수 이름에 따라 보관됩니다. "arrays.dss"파일은 HEC 웹 사이트 (http://www.hec.usace.army.mil)를 통해 제공되는 HEC-EFM Plotter 또는 HEC-DSSVue 를 사용하여 접근할 수 있습니다. 그림 44 는 Big bass 겨울 서식처에 대한 DSS 로의 데이터 출력을 보여주며, 자연 유황에 대한 모의 기간별 결과를 도출하기 위해 수행된 시계열 계산, 초과확률 50 %에 해당되는 자연 및 관측 유황 데이터에 대한 모의 기간별 분석결과의 빈도 곡선을 보여줍니다.

그림 18. Big Bass 겨울 서식처에 대한 DSS 로 출력되는 HEC-EFM 출력 Catalog 입니다. 자연 유황에 대한 모의 기간별 결과 및 자연 및 관측 유황의 빈도 곡선이 표시됩니다.

4.2.5 HEC-EFM Plotter 사용하기

HEC-EFM Plotter 는 사용자가 분석결과를 보고 다양한 유황 및 생태수문 입력 변수에 대한 결과를 비교할 수 있도록 설계되었습니다. 또한 HEC-EFM 이 시계열 데이터를 분석하는 동안 수행하는 각 계산 단계를 표시함으로써 HEC-EFM Plotter 는 각각의 생태수문 입력 변수를 분석하는데 사용되는 통계 해석 과정 및 설정을 이해할 수 있도록 합니다.

EFM 과 EFM Plotter 는 별도로 분리된 소프트웨어입니다. 제대로 함께 작동하려면 EFM 은 Plotter 가 설치된 위치를 알아야합니다. Plotter 버전 1.0 및 1.1 에서 소프트웨어를 설치하는 유일한 방법은 사용자에게 설치 과정을 설명하는 설치 패키지(install package)를 사용하는 것입니다. 사용자는 Plotter 를 지정된 위치에 설치하여 후속 설치가 기존 버전을 대체하고 동일 컴퓨터에서 사용할 수 있는 소프트웨어 버전을 하나만 남겨 두는 것이 좋습니다. EFM 은 설치 중에 컴퓨터에 기록된 정보를 사용하여 Plotter 를 찾아 연결합니다.

특히 사용자가 압축파일(file archive)에서 소프트웨어를 추출하여 설치할 수 있는 Plotter 버전의 경우에는 하나의 컴퓨터에서 여러 버전의 Plotter 를 사용할 수 있습니다. 사용자가 이전 소프트웨어로 계속 이용할 수 있도록 여러 버전 및 기존 프로젝트를 지원하기 위해 사용자가 관리할 수 있도록 두 소프트웨어 간의 연결 기능이 제공되었습니다. 중요한 것은 이 변경 사항은 EFM 4.0 이후에 완성되어 제공됩니다. EFM 4.0 사용자는 설치 패키지를 사용하여 동일한 설치 위치에 2.0 또는 이전 버전이든 상관없이 Plotter 를 계속 설치하면 됩니다.

EFM 5.0 이상에서 EFM 과 플로터 간의 연결은 *"Plot – 버전별 실행 위치 관리"* 메뉴를 통해 관리됩니다. 사용자가 EFM 버전 번호를 입력하고 파일 브라우저를 열어 Plotter 의 관련 버전을 식별 할 수 있는 메뉴가 나타납니다(그림 45). 목록에 없는 EFM 버전에서 플로터를 시작하면 플로터의 기본 위치가 사용됩니다. 해당 위치에서 플로터를 사용할 수 없는 경우에는 사용자에게 EFM 이 Plotter 를 찾을 수 없음을 알리고 Plotter 를 사용할 준비가 되었는지 확인하라는 메시지가 나타납니다. *"Plot – HEC-EFM Plotter 실행 위치 지정"* 메뉴 옵션은 플로터의 기본 위치를 업데이트하는 데 사용됩니다.

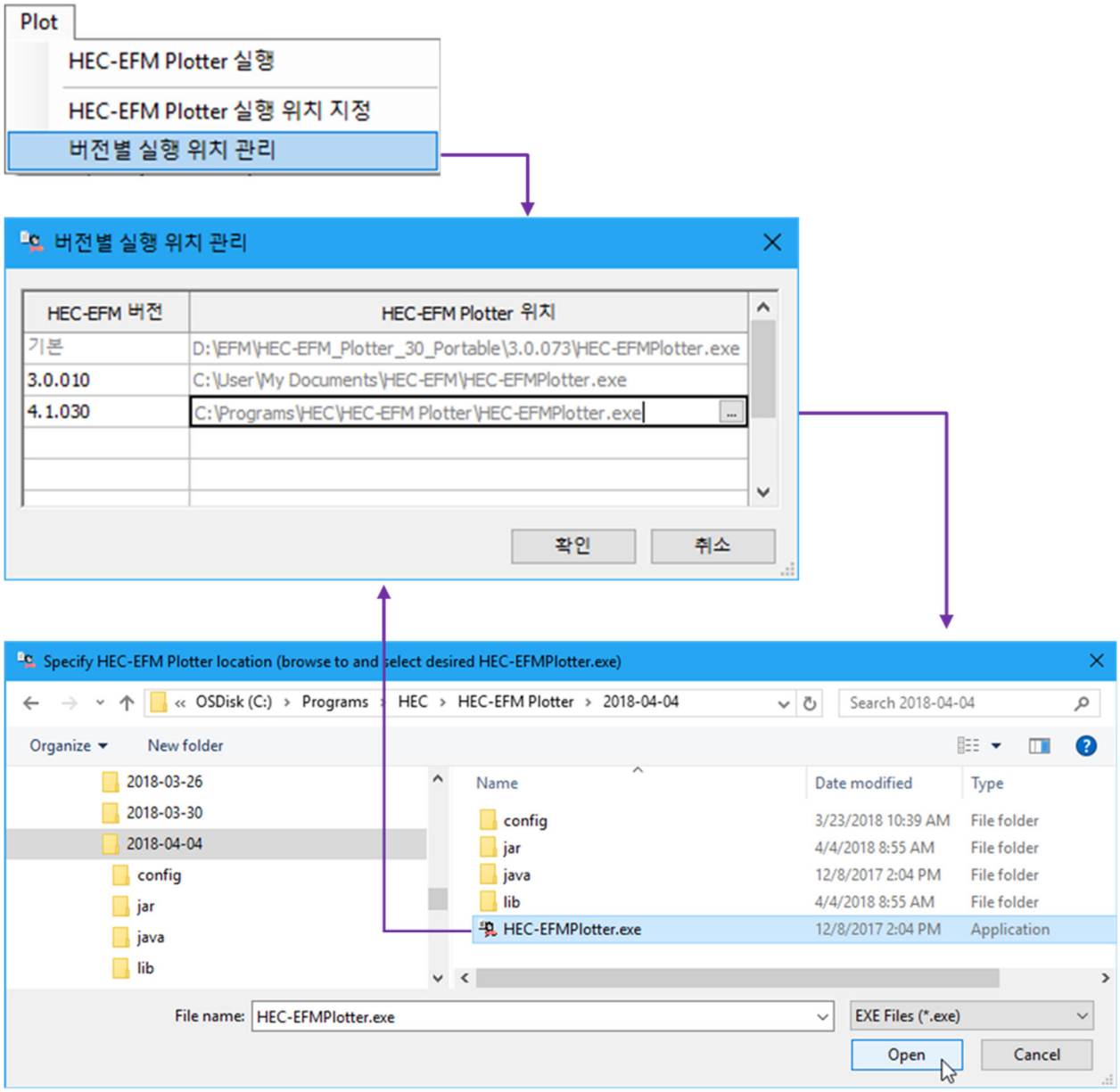


그림 19. HEC-EFM 과 HEC-EFM Plotter 간에 적절하게 연결되도록 관리할 수 있으며, 두 소프트웨어의 다른 버전간에도 연결할 수 있도록 관리할 수 있습니다.

Plotter 는 "*Plot –HEC-EFM Plotter 실행*" 메뉴 옵션을 통해 시작됩니다. DSS 는 각 유황 데이터 및 생태수문 입력 변수 조합을 자동으로 가져옵니다. 메인 인터페이스의 왼쪽 상단 모서리에 있는 입력 변수 목록에 표시되는 생태수문 입력 변수를 선택하면 됩니다(그림 46; Big bass 겨울 서식처). 유황 데이터 목록에 표시되는 유황 데이터(예: Natural(자연) 또는 Gage(관측))를 선택합니다.

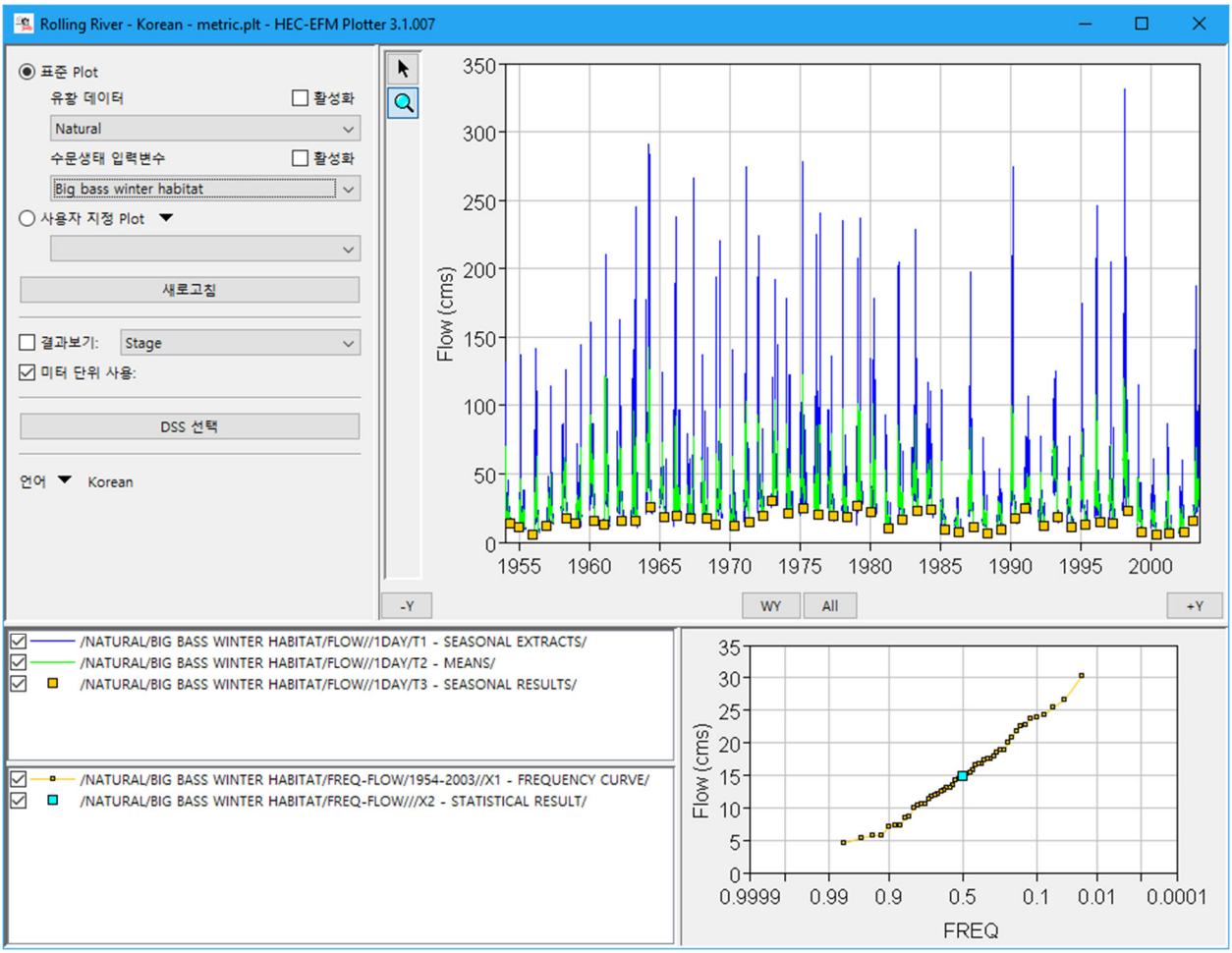


그림 20. HEC-EFM Plotter 에서 자연 유황 데이터와 <u>Big Bass 겨울 서식처</u> 관계에 대한 결과를 보여줍니다.

사용자 지정 Plot 은 여러 생태수문 입력 변수 또는 유황 데이터에 대한 결과를 비교할 때 유용합니다. *사용자 지정 Plot* 옵션을 선택하고 *사용자 지정 Plot* 버튼(그림 47)에서 *추가...*를 선택하여 "Bass 비교 분석" 사용자 지정 Plot 을 추가합니다.

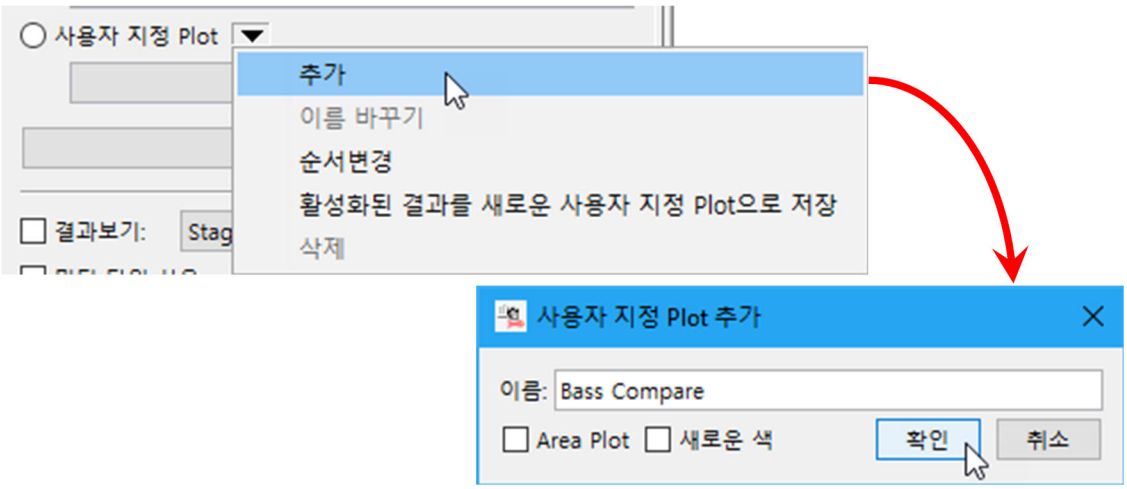


그림 21. 사용자 지정 Plot 추가.

DSS Selector 버튼을 클릭하고 프로젝트의 arrays.dss 파일을 찾습니다. Big Bass 겨울 서식처의 b-부분이 있는 모든 데이터를 선택(Select All)하고 *Set Pathname*(경로 이름 설정) 버튼(그림 48)을 클릭하여 해당 데이터를 "*Bass 비교 분석*" Plot(그림 49)으로 가져옵니다.

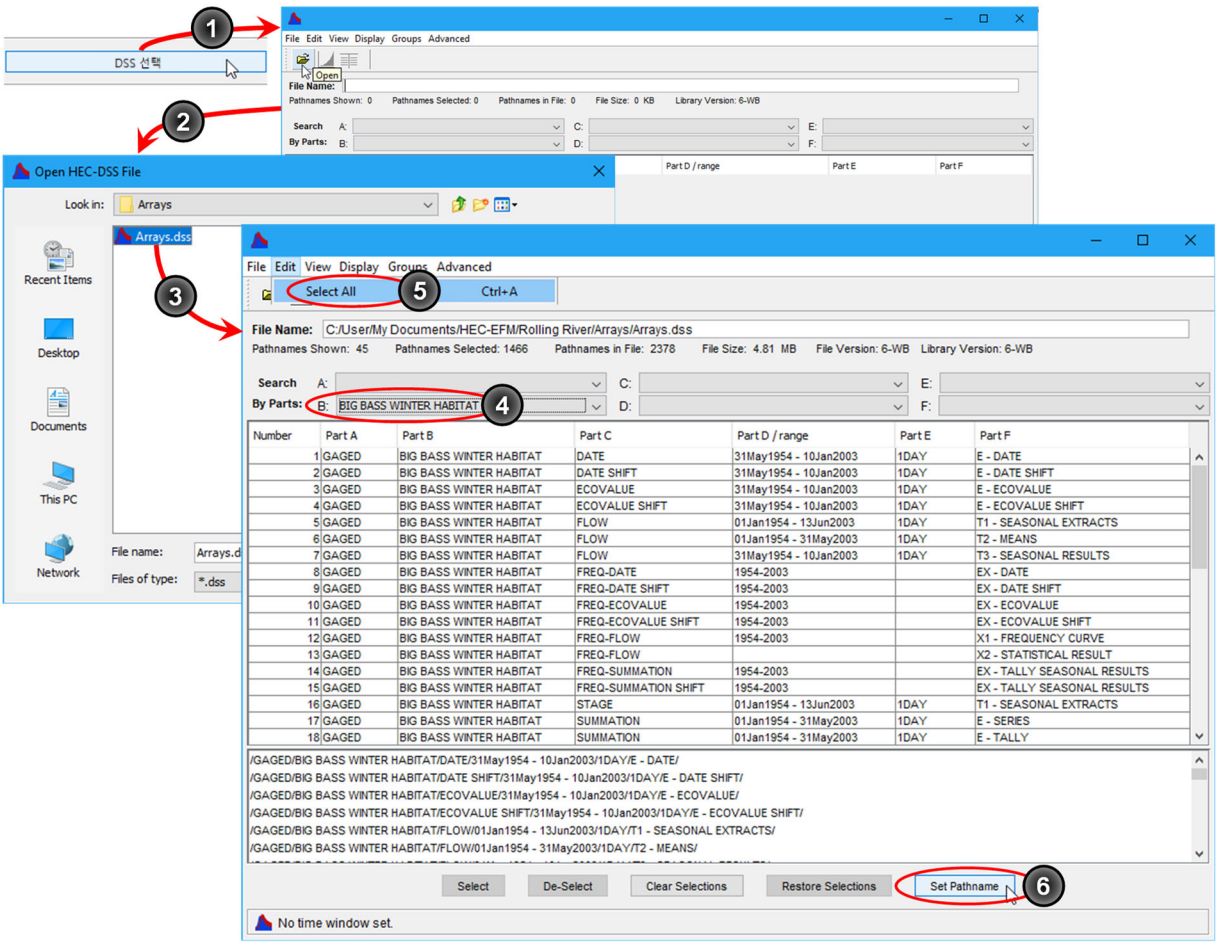


그림 22. HEC-EFM Plotter 내의 사용자 지정 Plot 에서 비교를 위한 Big Bass 겨울 서식처 결과를 선택하는 과정입니다.

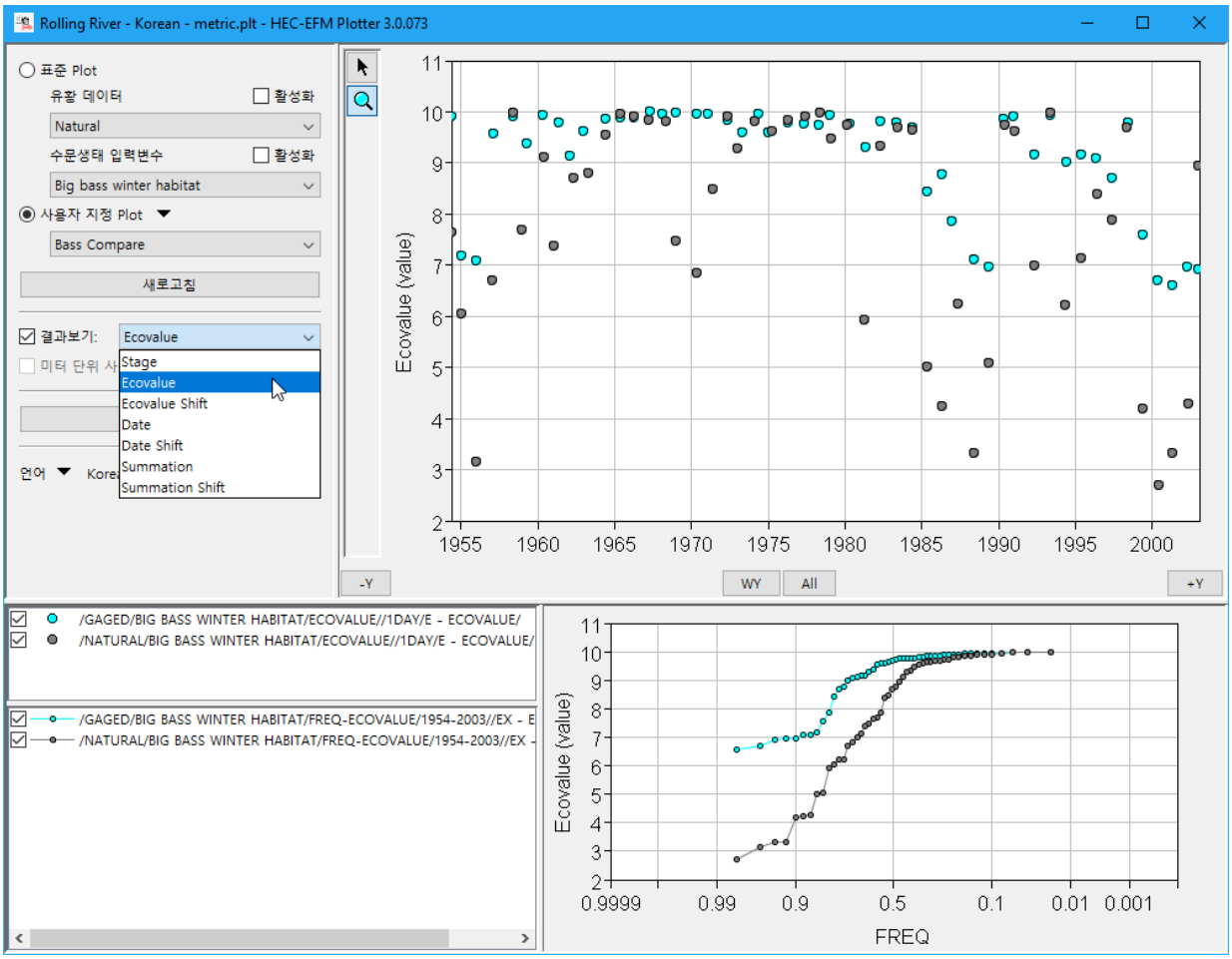


그림 23. HEC-EFM Plotter 의 사용자 지정 Plot 에서는 관측 유황과 자연 유황에 대한 Big Bass 겨울 서식처의 생태 지수를 비교합니다.

HEC-EFM Plotter 에는 데이터 세트(zoom, hover, snap to water year, advance/retreat a year)를 탐색하고(plot markers, show/hide/reorder data sets via the legend, axis settings, toggle plots with a Ctrl-T command) 데이터 세트를 볼 수 있는 여러 기능이 있습니다. HEC-EFM Plotter 와 HEC-EFM 을 동시에 열 수 있습니다. 실제로 HEC-EFM 에서 설정이 변경되고 재계산 작업이 수행되면 *새로 고침(Refresh)* 버튼을 클릭하여 그림을 업데이트할 수 있습니다. 이렇게 하면 HEC-EFM Plotter 가 입력 변수에 해당되는 통계 설정을 탐색하고 세분화할 수 있습니다.

4.3 수리 해석

HEC-EFM 결과에 대한 공간 분석은 지형상황을 포함한 수리 모델에 의해 생성된 수심 및 유속 등의 함수를 사용하여 수행할 수 있습니다. HEC-EFM 의 이전 애플리케이션은 HEC 웹사이트 http://www.hec.usace.army.mil/에서 확인할 수 있는 HEC-RAS, HEC-GeoRAS 및 HEC-RAS Mapper 를 사용했습니다. 이러한 소프트웨어 사용에 대한 설명서도 웹 사이트에서 확인할 수 있습니다.

4.3.1 HEC-RAS

HEC-RAS 소프트웨어는 하천에서 1 차원 정상류 해석 및 1 차원과 2 차원 그리고 1 차원과 2 차원이 연계된 부정류 해석, 유사이송 및 수온(그림 50)을 시뮬레이션하는 데 사용됩니다. 수면형은 HEC-RAS Mapper 로 분석하고 공간 분석을 위해 GIS 를 활용합니다.

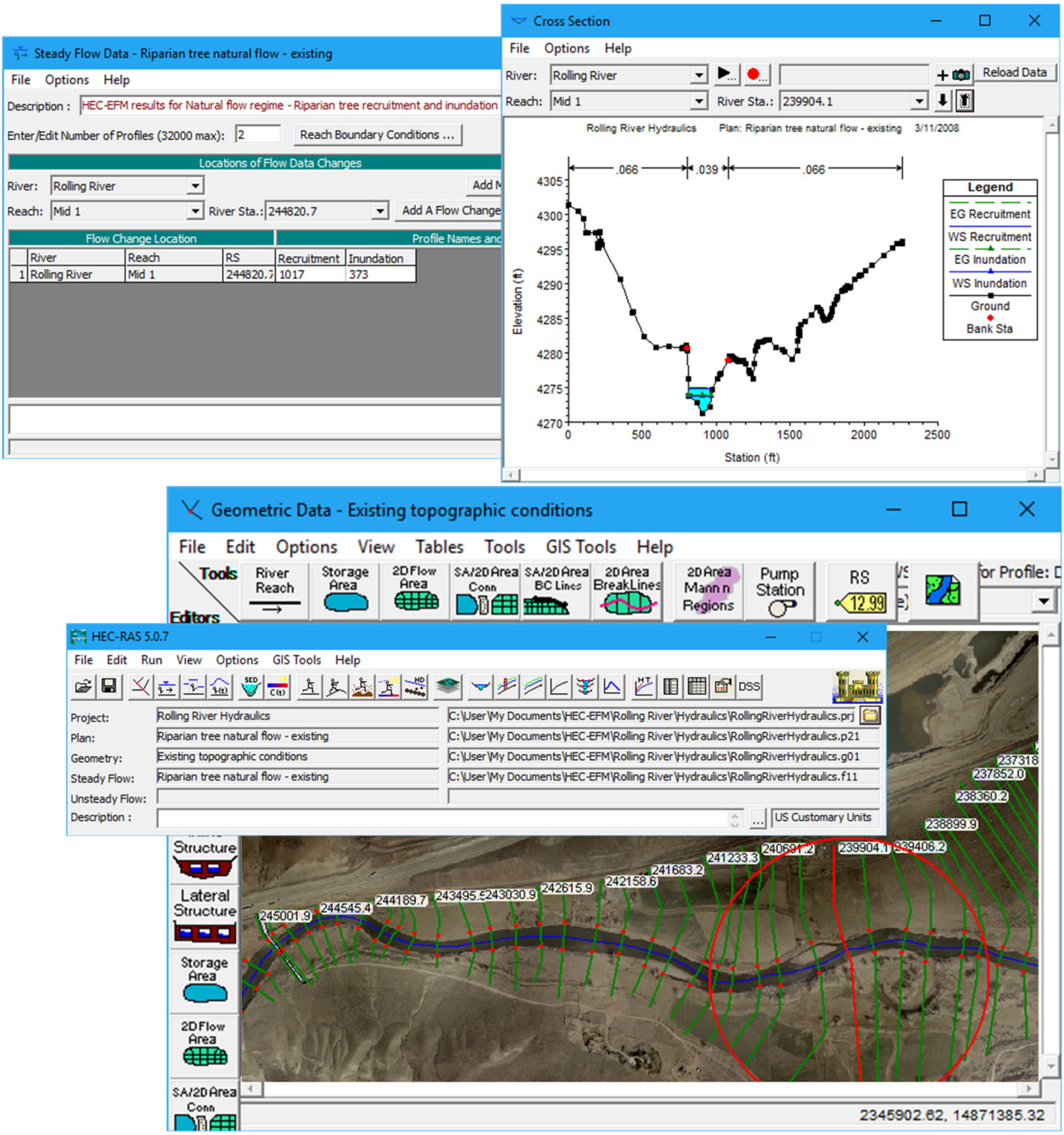


그림 24. HEC-EFM 통계분석 결과에 대한 수면형을 분석하는데 사용되는 HEC-RAS 의 예시(자연 유황을 사용한 수변식생 이입 및 침수)입니다.

4.3.2 HEC-GeoRAS 와 HEC-RAS Mapper

HEC-GeoRAS 및 HEC-RAS Mapper 는 HEC-RAS 수리 모델과 관련된 공간 분석을 보조하는 소프트웨어입니다. HEC-GeoRAS 는 ArcGIS® (그림 51)의 지형공간 정보를 전처리 및 후처리하기 위한 과정에 필요한 도구이자 편집 기능을 제공합니다. 이러한 소프트웨어를 사용하면 수치고도모델(DEM)과 함께 수면형 데이터 분석을 사용하여 그리드(Grid)별 수심, 유속, 범람원 경계 분석을 계산할 수 있습니다.

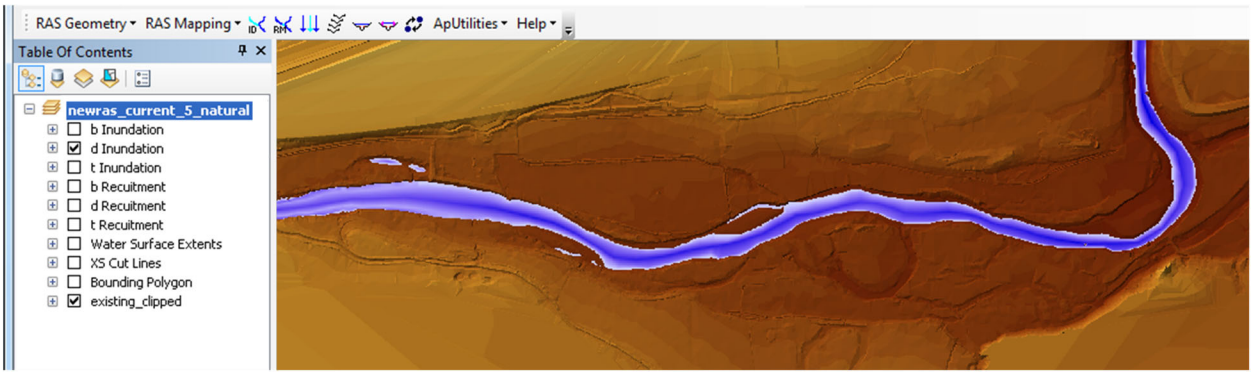


그림 25. HEC-EFM 에서 수변식생 침수의 통계분석결과를 이용하여 HEC-RAS 에 의해 시뮬레이션된 수면형 계산을 통하여 HEC-GeoRAS 에서 계산된 수심 Grid 입니다.

4.4 HEC-EFM 분석과 GIS 분석

지리 정보시스템은 지형을 공간적으로 분석하는 데이터를 저장, 관리, 편집 및 표시하는데 사용되는 기술입니다. 사용자는 HEC-EFM 프로그램에 GIS 를 연계 사용하여 HEC-RAS 에서 생성된 수면형 분석뿐만 아니라 생태학적으로 중요한 외부 데이터를 동시에 분석할 수 있습니다. 다음 순차적으로 제공되는 그림은 공간적으로 서로 다르게 반응하는 생태계 반응을 분석하기 위해 GIS 를 활용하는 방법의 예입니다. 보여주는 결과는 자연 유황 데이터의 식생 분석에 대한 것입니다. 처음에는 수변식생 이입(그림 52) 및 침수(그림 53)를 위해 수심 Grid 를 표현하였습니다. 그런 다음 식생 침수가 식생 이입 데이터 위로 배치되었습니다(그림 54).

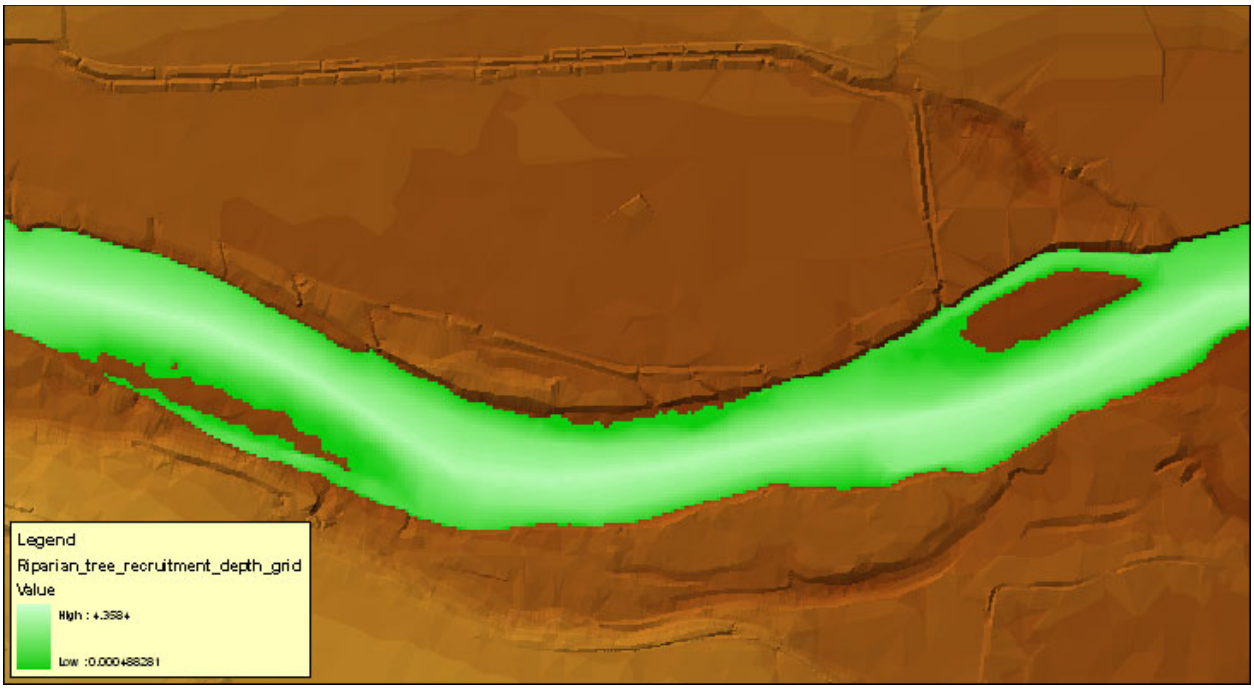


그림 26. 수변식생 이입을 고려하여 생성된 수심 Grid. 녹색 지역은 식생 묘목이 자라기 시작하는 적절한 환경을 조성하는 곳을 보여줍니다.

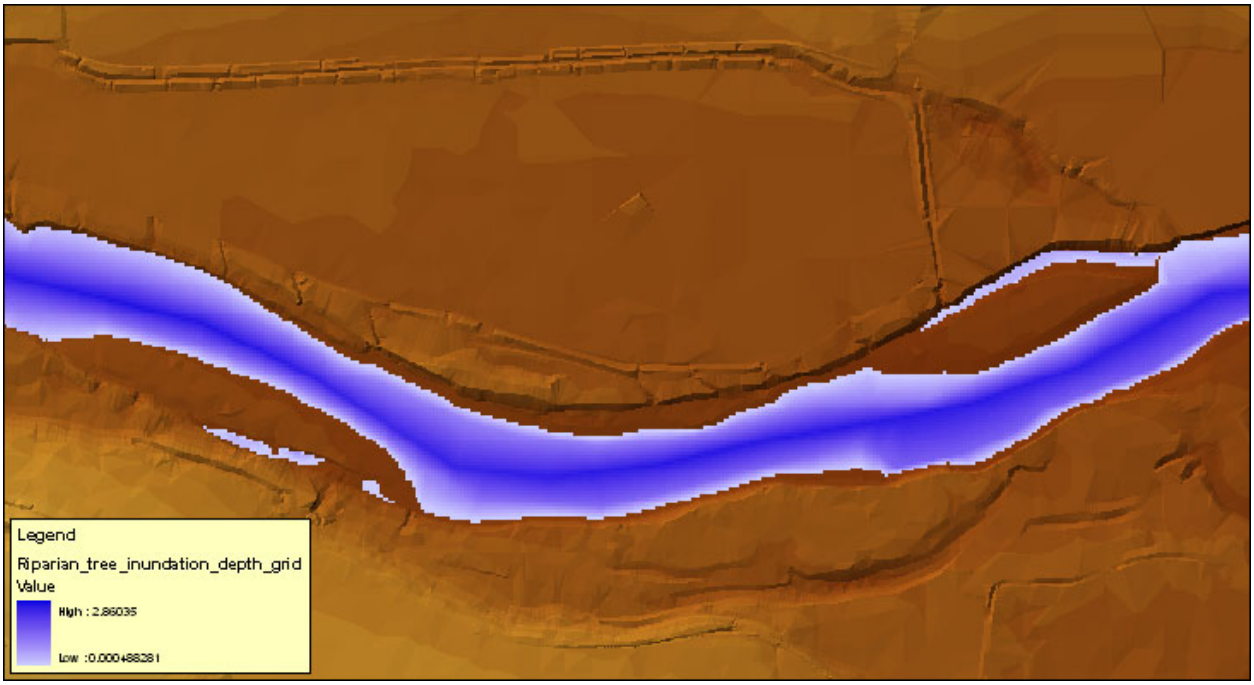


그림 53. 수변식생침수를 고려하여 생성된 수심 Grid. 파란 지역은 오랜 침수로 인해 묘목들이 침수될 공간을 보여줍니다.

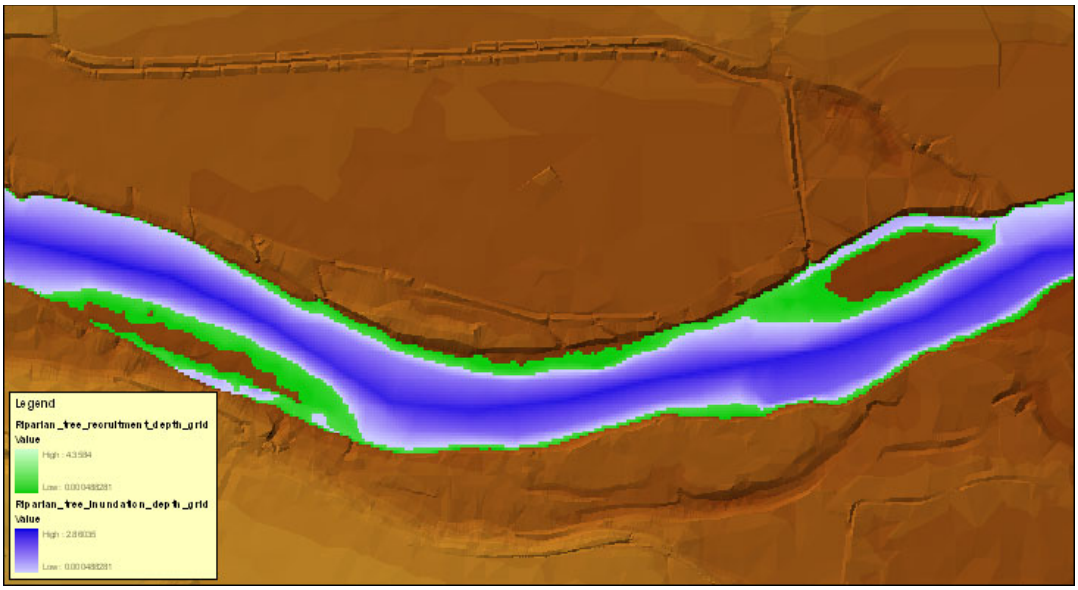


그림 27. 수변식생이입과 수변식생침수의 수심 grid 를 중첩(Overlay)시킨 그림입니다.

수변식생 데이터에 대한 조합(combo relationship)에 따라(그림 7), 수변식생 이입 수심 grid 에서 식생 침수 grid 를 잘라낸(clipped) 결과입니다. HEC-EFM 에서 분석한 생존 가능한 수변식생의 최종 서식처 영역을 예측합니다(그림 55).

그림 28. 식생 이입 수심 gird 에서 식생 침수 수심 grid 를 잘라낸 결과입니다. HEC-EFM 으로 생존 가능한 수변식생의 최종 서식처를 예측한 결과입니다.

수변식생침수에 대한 기존 연구에서 지속적인 침수심이 0.1524m 를 초과하지 않으면 묘목이 잘 살아남을 수 있다고 언급하고 있습니다. 0.1524m 이하의 침수심에 해당되는 면적은 묘목 사망률을 초래하지 않을 수 있는 수변식생침수 영역을 나타냅니다(그림 56). 수변식생침수 영역 테두리를 잘라내어 선호하는 수심에 대한 수변식생의 서식처를 분석할 수 있습니다(그림 57).

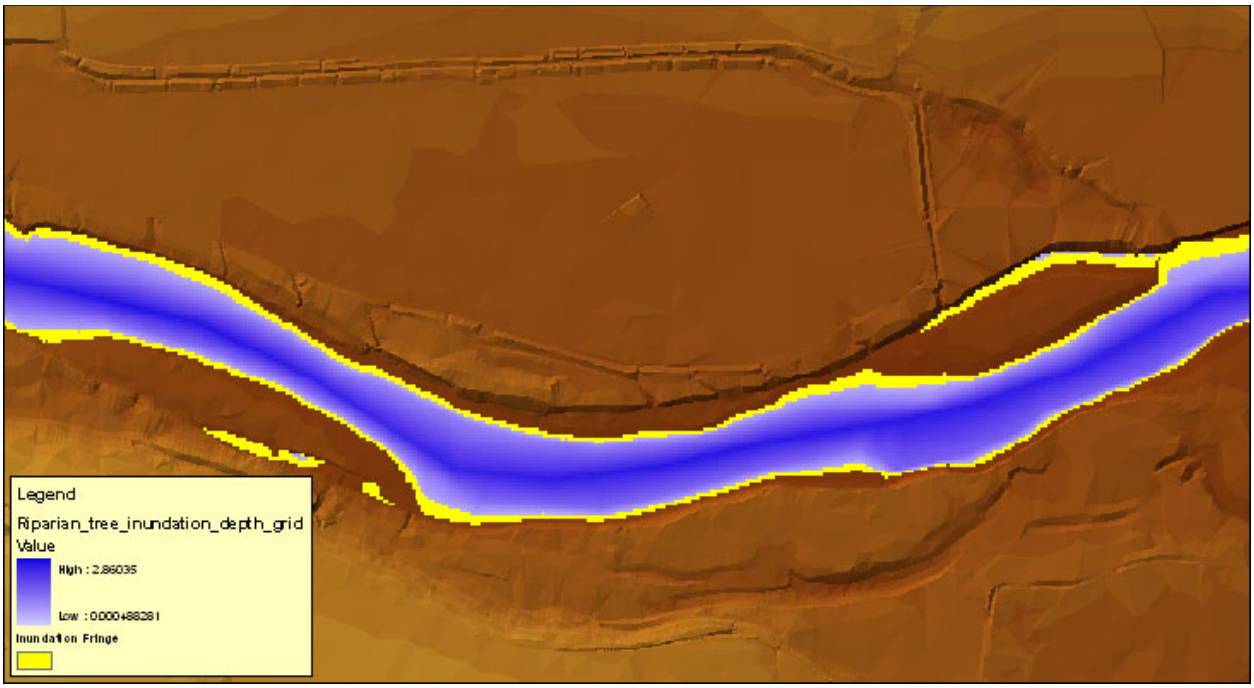


그림 29. 노란색 테두리는 수변식생 침수 수심 grid 에서 0.1524m 이하의 수심을 표현한 것이며, 묘목을 익사 시킬 만큼 깊지 않습니다.

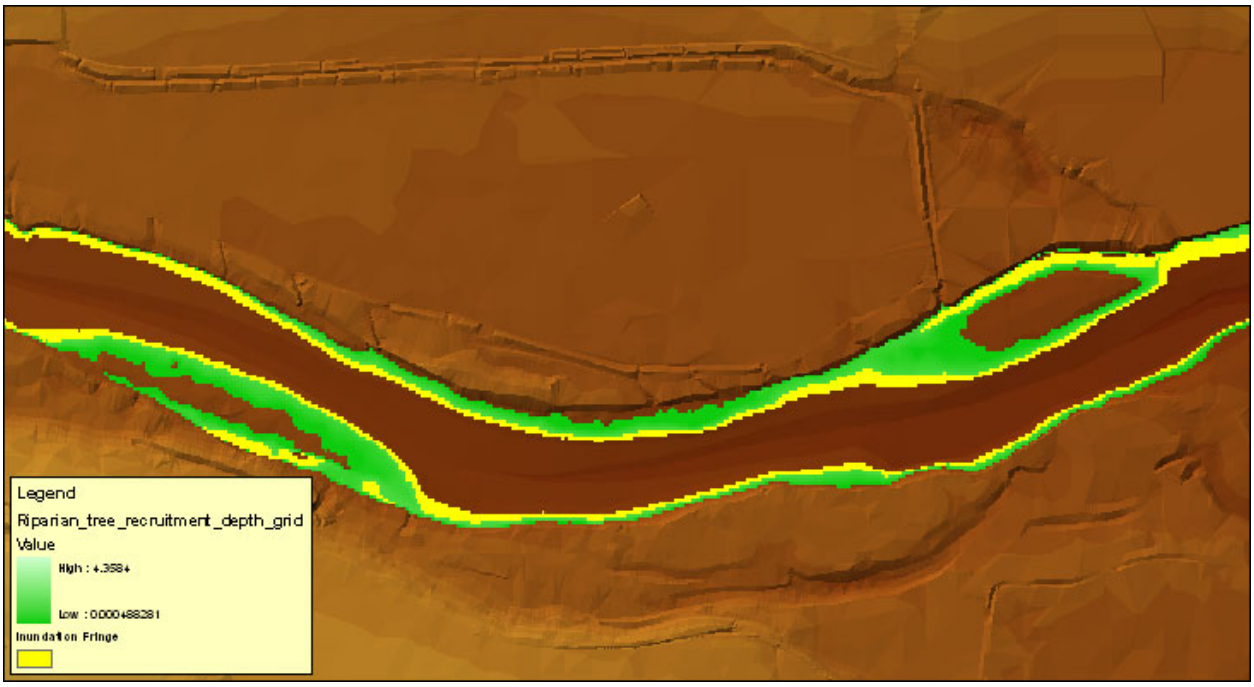


그림 30. HEC-EFM 의 통계 및 지리정보변수, HEC-RAS 에 의해 계산된 수면형 및 HEC-GeoRAS 에 의해 생성된 수심 grid 분석을 사용하여 계산된 Rolling river 의 자연 유황에 대한 예상 수변식생의 이입가능 영역 분석 결과입니다.

지금까지의 예제 프로젝트는 다양한 수문 시나리오(자연 대 관측)를 사용하여 유황을 비교하는 데 중점을 두었습니다. HEC-EFM 은 또한 유량을 변경하지 않고 수위 시계열에 변화를 가져오는 지형의 변화를 관찰하는 데 사용할 수 있습니다. 그림 58 은 현재 지형과 하천 사행을 증가시키는 계획된 복원 프로젝트의 비교를 보여줍니다. 동일한 유량(Natural)이 각 하천 지형에 사용됩니다.

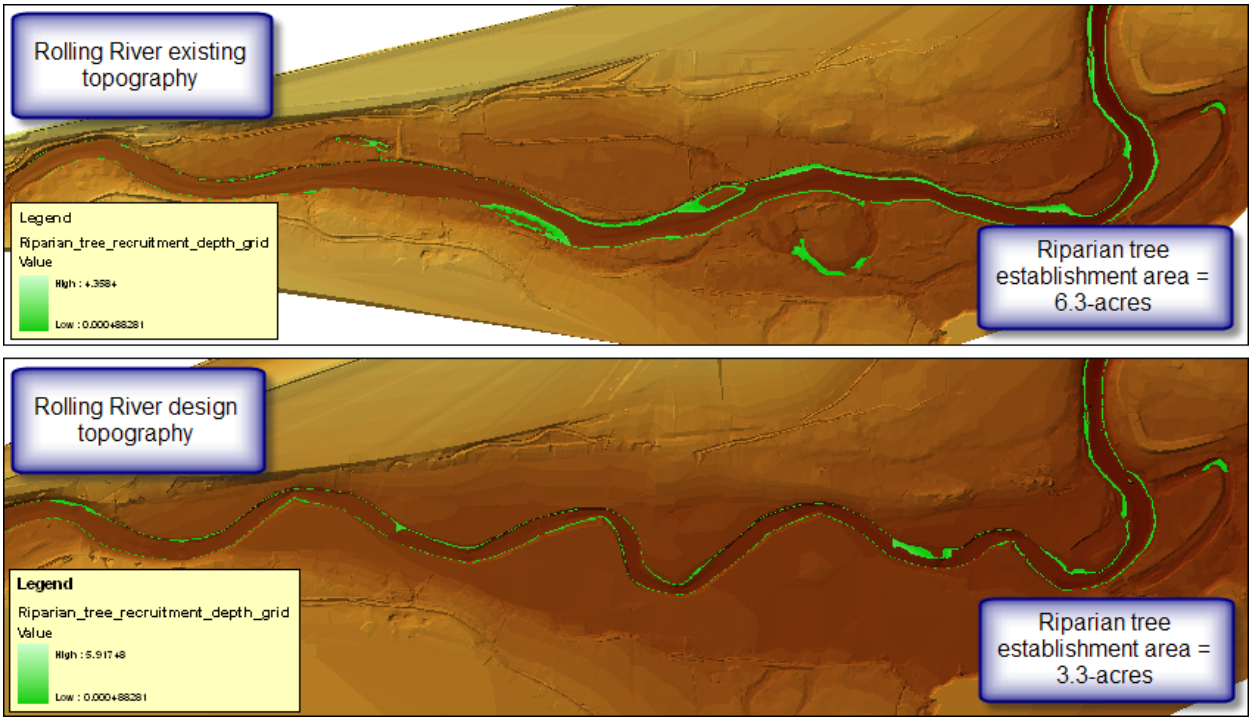


그림 31. 기존 지형 조건과 복원된 지형 조건에서 수변식생 서식처를 비교합니다.

예제 프로젝트의 진행은 이제 완료 되었습니다. 1) 입력변수의 구축, 2) HEC-EFM 프로젝트 설정 및 통계 분석, 3) 통계분석 결과를 수리 모델로 시뮬레이션하고, 4) GIS 를 사용하여 공간 분석을 수행합니다.

HEC-EFM 의 통계분석 결과는 유량과 수위, 초과확률, 지수 값 및 생태계의 변화 방향을 반영하여 계산됩니다. 공간분석(spatial analysis) 결과는 생태계의 동적반응을 나타내는 각 조합과 맵 레이어의 조합으로 연계되어 표시됩니다. 레이어는 일반적으로 다른 유황과 다른 하천지형의 공간적 비교를 위해 사용됩니다. GIS 를 활용하면 생태학적으로 연관된 다른 데이터를 사용할 수 있습니다. 예를 들어, Rolling River 에 대한 토양도는 수변식생서식처(그림 55)에 토양 데이터를 중첩하여 사용할 수 있습니다.

4.4.1 HEC-GeoEFM

EFM 적용 과정에는 세 가지 기본 단계가 포함됩니다: 통계 분석, 수리 모델링, GIS 의 활용. 통계분석에서 얻은 결과는 수심, 유속, 침수 등을 모의하고 결과를 도출하는 수리 모델에

입력되며, 이후 GIS 에서 유량분석에 대한 결과를 분석하기 위해 사용됩니다. 전체 분석 과정을 적용하면 많은 데이터를 생성할 수 있습니다.

HEC-GeoEFM 은 HEC-EFM 적용시 일반적으로 사용되는 공간 분석을 지원하기 위해 개발된 소프트웨어 도구입니다. HEC-GeoEFM 은 생태환경 복원 프로젝트 또는 물 관리를 위한 세 가지 주요 기능을 제공합니다. 1) 공간데이터 세트의 관리, 2) 서식처 계산 및 비교 분석, 3) 서식처 연결성 분석입니다. HEC-GeoEFM 은 HEC-EFM 및 HEC-EFM Plotter 와 연계하여 사용자가 수자원과 관련된 판단에서 생태학적 영향을 평가할 수 있도록 지원합니다. 자세한 내용은 다음을 참조하십시오. http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-geoefm/.

CHAPTER 5

HEC-EFM 적용

HEC-EFM 의 적용은 강, 습지 또는 댐과 관련된 최대 침수 지역 내의 서식처와 지형-수자원의 상호작용 분석에 초점을 맞춥니다. 이 영역 내에서 소프트웨어는 다양하고 광범위한 시나리오 관리와 생태학적 관계를 테스트할 수 있습니다. 소프트웨어는 사용자가 생태계의 어떠한 측면(예: 어류, 식생, 저서성 대형 무척추동물)에 관심을 갖고 입력자료를 구축하는 가, 이러한 측면을 어떻게 조사하는 가(예: 단일지점 평가에서, 다 지점 또는 많은 조사 지역에 대해), 그리고 수문학적 조건, 운영조건 또는 복원 시나리오를 어떻게 고려할 것인가(예: 기후 변화, 댐의 방류, 하천개수 등)에 따라서 전적으로 사용자의 결정에 의존합니다.

5.1 기존 애플리케이션 활용

HEC-EFM 의 애플리케이션은 시작하기도 쉽고 기존 애플리케이션을 쉽게 활용할 수 있습니다. 기존 모델의 일부를 통합하는 작업은 유황 데이터와 생태수문 입력 변수를 모두 가져오기 위한 메뉴 옵션을 통해 수행됩니다. "*편집 – 생태수문 입력 변수(또는 유황 데이터) - 가져오기...*"를 클릭하면 사용자가 기존 (원본) 응용 프로그램으로 이동하여 원하는 유황 데이터 또는 생태수문 입력 변수를 선택하고 가져오기를 수행할 수 있는 인터페이스가 나타납니다(그림 59). "*가져오기...*"는 여러 모델을 연결하는 유일한 메뉴입니다. 다른 항목(예: 추가, 이름 변경, 순서 변경, 복사, 삭제, 선택/선택 취소)은 열려 있는 응용프로그램 내에서 작동합니다. *편집 – 생태수문 입력 변수* 메뉴는 위치에 따라 다르며 사용자가 *입력 변수 탭*에서 작업할 때만 사용 가능합니다. 이러한 제약조건은 "*편집 – 유황 데이터 및 입력 변수 조합*" 메뉴(*속성 정보 탭 및 입력 변수 조합 탭*)에서도 해당됩니다.

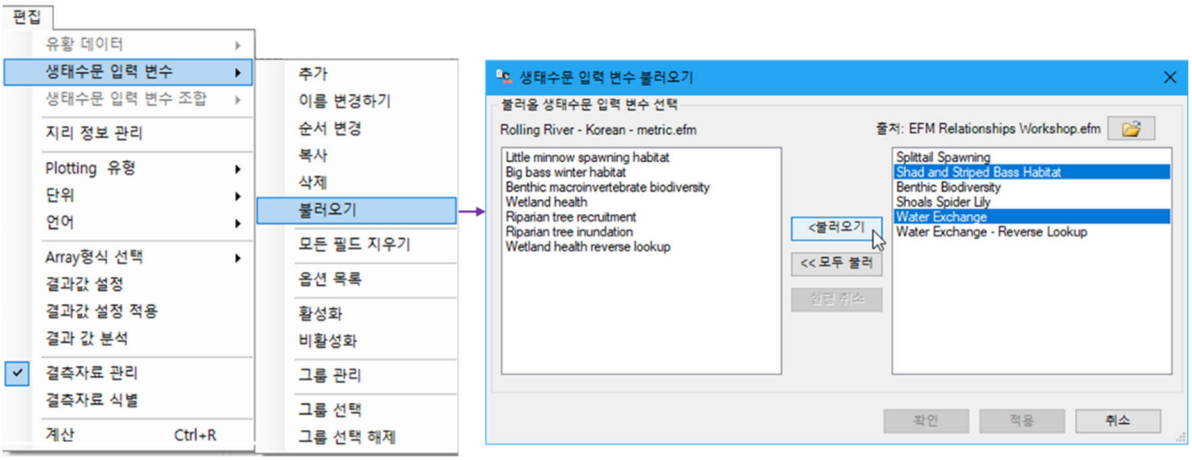


그림 32. "*가져오기..*" 메뉴 옵션을 사용하여 현재 프로젝트까지의 입력 변수를 추가합니다. 이 작업은 유황 데이터에 대해 수행할 수 있습니다.

5.2 Large-Scale Applications

가장 간단한 HEC-EFM 의 적용방법은 하나의 유황 데이터와 하나의 생태수문 입력 변수를 적용하여 분석하는 것이며, 이는 한가지의 생태계 측면에 미치는 하나의 수문 시나리오의 영향을 모델링할때 사용합니다. 유황 데이터와 생태수문 입력 변수가 증가함에 따라 모델링은 더욱 복잡해집니다. 소수의 종(species)을 위해 많은 대안을 분석하는 HEC-EFM 모델은 더 많은 유황 데이터와 적은 수의 생태수문 입력 변수를 포함하게 됩니다. 반대로, 생태계의 상태를 더 잘 이해하기 위해 수행되는 모델링은 유황 데이터의 수가 적고 생태수문 입력 변수가 더 많은 경향이 있습니다. 공간적 규모가 단일 복원 장소에서 길고 많이 분기되는 복잡한 하천 시스템까지 증가함에 따라 HEC-EFM 은 종종 단일의 관리 대안을 위한 다양한 진단 위치를 분석하는 위치 기반 유황 데이터를 갖추기도 합니다. 생태수문 입력 변수가 중복되고 테스트 모델 민감도를 위해 수정됨에 따라서 생태수문 입력 변수가 증가할 수 있습니다. HEC-EFM 에는 이러한 애플리케이션 스펙트럼을 지원하는 데 도움이 되는 몇 가지 기능이 있습니다.

5.2.1 유황 데이터 일괄 추가

여러 개의 유황 데이터 추가를 위해 HEC-EFM 은 새로운 유황 데이터의 생성을 자동화하는 두 가지 기능을 제공합니다. "*편집 – 유황 데이터*" 메뉴를 통해 사용할 수 있습니다 (그림 60). "*일괄 추가...*"는 HEC-DSS 에 저장된 데이터에서만 작동합니다. 사용자는 입력 데이터 파일, 유황 데이터와 연결할 데이터 유형, 유황 데이터 식별자의 규칙을 지정합니다. HEC-EFM 은 선택한 데이터 유형에 따라 입력 파일의 모든 데이터를 처리합니다. 예를 들어, 예제 프로젝트와 함께 제공되는 데이터 파일 (Rolling River Data.dss)에는 자연 및 관측 유량 조건 모두에 대한 Rolling River 의 유량 및 수위의 네 가지 데이터가 있습니다. 해당 파일의 데이터 유형이 유량 및 수위 일괄 추가에 사용 된 경우 두 개의 유황 데이터가 추가됩니다.

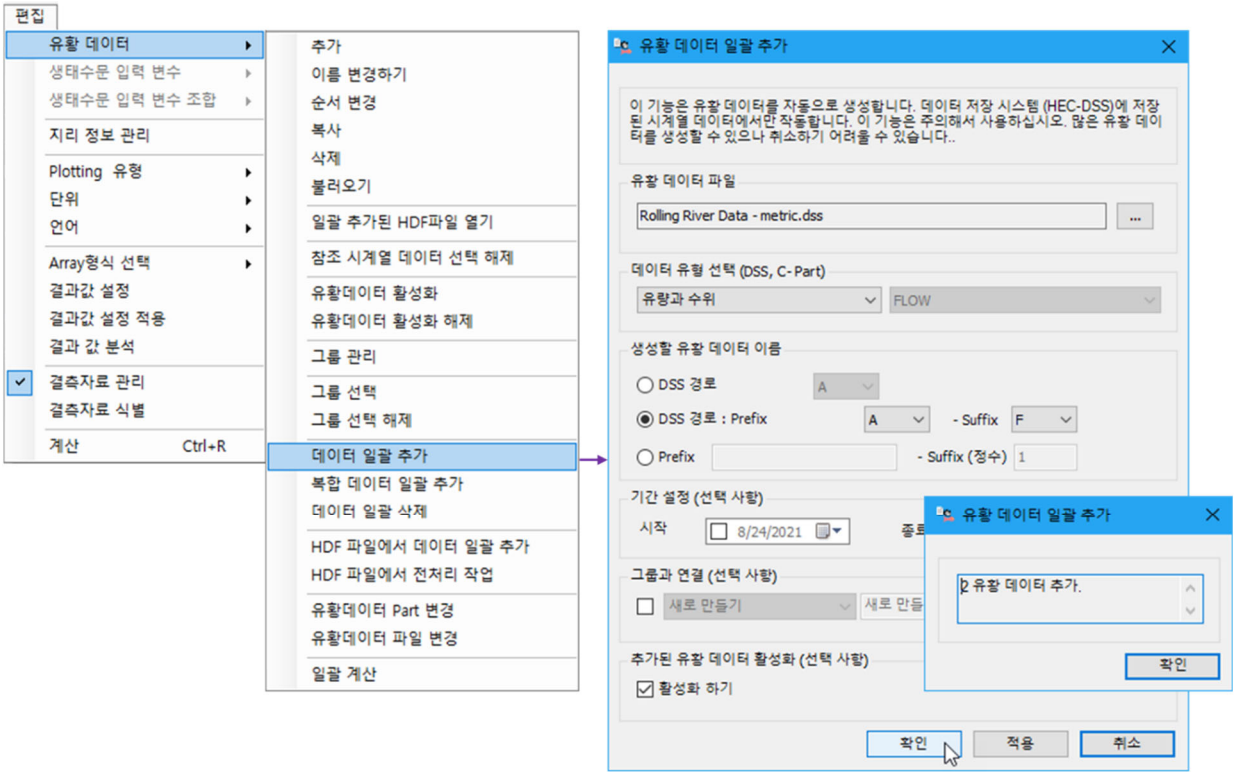


그림 60. "*일괄 추가...*" 와 "*복합 데이터 일괄 추가...*" 유황 데이터를 자동으로 생성합니다.

"*복합 데이터 일괄 추가...*"를 사용하여 사용자는 사용할 두개의 시계열 데이터, 생성할 유황 데이터의 갯수 및 결과 유황 데이터에 대한 명명 규칙을 지정합니다. 각각의 유황 데이터는 동일한 시계열 데이터를 가지며, 이는 동일한 하천에서 여러 개의 공간을 분석 할 때 유리할 수 있습니다 (예 : 수위 변동에 다르게 반응하는 서식처 면적).

이러한 기능은 매우 광범위한 수문관측망, 유역규모의 수문자료, 또는 실질적인 하천수리모델 및 저수지모의 모델로부터 생산되는 자료를 사용할 때 특히 유용하지만 항상 주의해서 사용해야합니다. 각 기능은 많은 유황 데이터를 추가 (또는 "*일괄 삭제...*"를 통해 제거) 할 수 있으며 실행 취소하기 어려울 수 있습니다. 다음 섹션에 설명 된 대로 새로운 유황 데이터 그룹과 연결할 수도 있습니다.

5.2.2 그룹 관리

HEC-EFM 은 수천 개의 유황 데이터와 생태수문 입력 변수를 시뮬레이션 할 수 있지만 갯수 가 증가함에 따라 시뮬레이션에 필요한 유황 데이터 및 생태수문 입력 변수의 특정 조합을 선택 및 선택 취소하기 위해 기본 EFM 메뉴를 사용하는 것이 점점 더 어려워집니다. 다양한 유황 데이터와 생태수문 입력 변수가 있는 응용 프로그램을 관리하는 방법은 "그룹"을 만드는 것입니다. 그룹은 유황 데이터와 생태수문 입력 변수의 모음입니다. 그룹은 유황 데이터와 생태수문 입력 변수에 대해 각각 별도로 정의(그림 61)된 다음 "*편집 –유황 데이터 – 그룹*" 및

"*편집 – 생태수문 입력 변수 – 그룹*" 과 관련된 메뉴 옵션(*관리, 선택 그리고 선택취소* 옵션))을 통해 시뮬레이션을 위해 선택 및 선택 취소 할 수 있습니다. 생태수문 입력 변수의 그룹은 생태학적 유사성을 중심으로 구성되기도 합니다. 유황 데이터 그룹은 공유된 주제를 반영하거나(댐 운영 및 하도단면 수정을 위한 별도의 그룹) 위치 기반 유황 데이터(지류 및 본류의 분석 지점별)별로 구성됩니다.

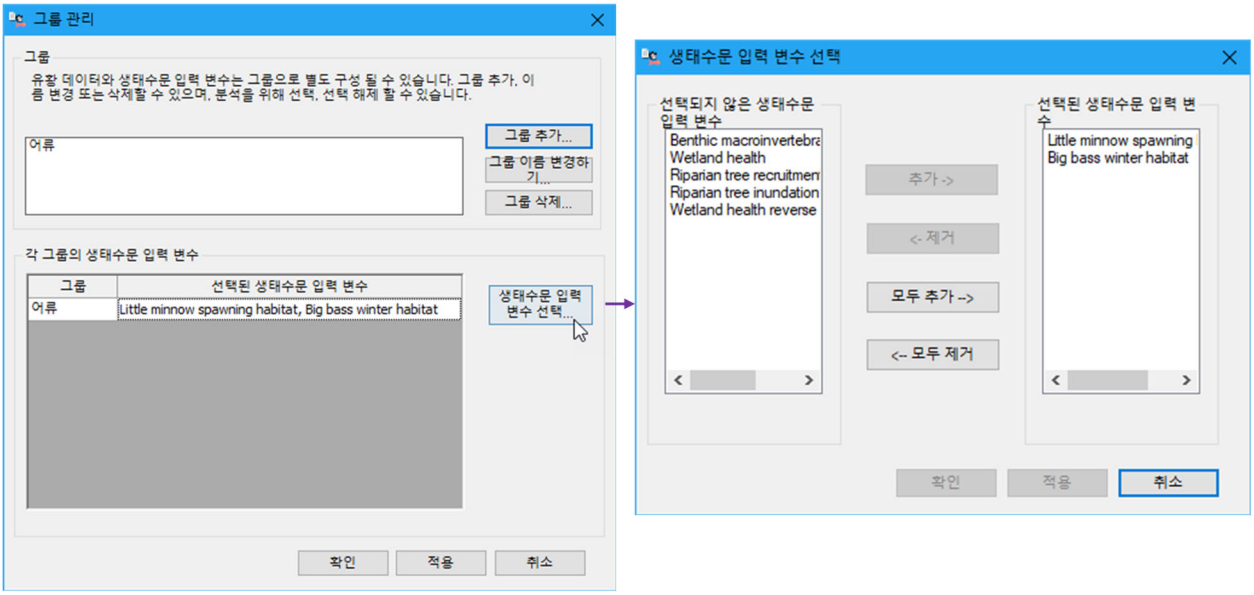


그림 61. 생태수문 입력 변수 그룹 (Fish populations - 어류) 생성 및 Fish populations 그룹에 대한 입력변수 선택.

5.2.3 결과값 관리

Arrays File 생성 옵션을 선택하면 HEC-EFM 은 활성화된 유황 데이터에 대해 해당 생태수문 입력 변수를 분석하는 동안 수행된 계산 과정에 대한 결과를 도출합니다. 많은 시계열 데이터와 쌍을 이룬 데이터 결과값 데이터가 생성됩니다. 이러한 결과값은 HEC-EFM Plotter 를 사용하는 경우에도 생태수문 입력 변수 및 유황 데이터의 수가 증가함에 따라 까다로워집니다. 이를 위해 HEC-EFM 은 사용자가 기록 할 출력 유형을 선택하고 이러한 설정을 적용할지 여부를 선택할 수 있도록 합니다(그림 62). 원하지 않는 결과값을 선택 취소하면 출력 파일을 저장하는 데 필요한 컴퓨터 용량이 줄어들고 계산 시간이 단축되며 추적 및 표시 할 데이터가 적기 때문에 HEC-EFM Plotter 를 보다 빨리 사용할 수 있습니다. 기본값은 모든 결과값을 사용하는 것 입니다.

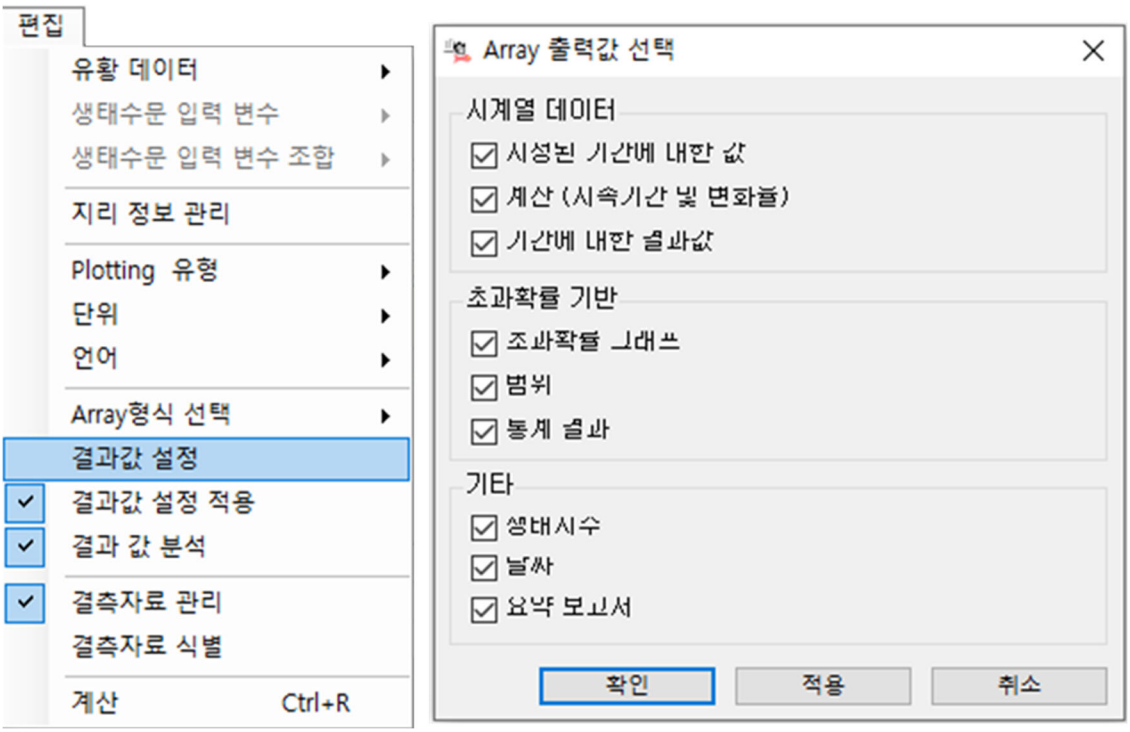
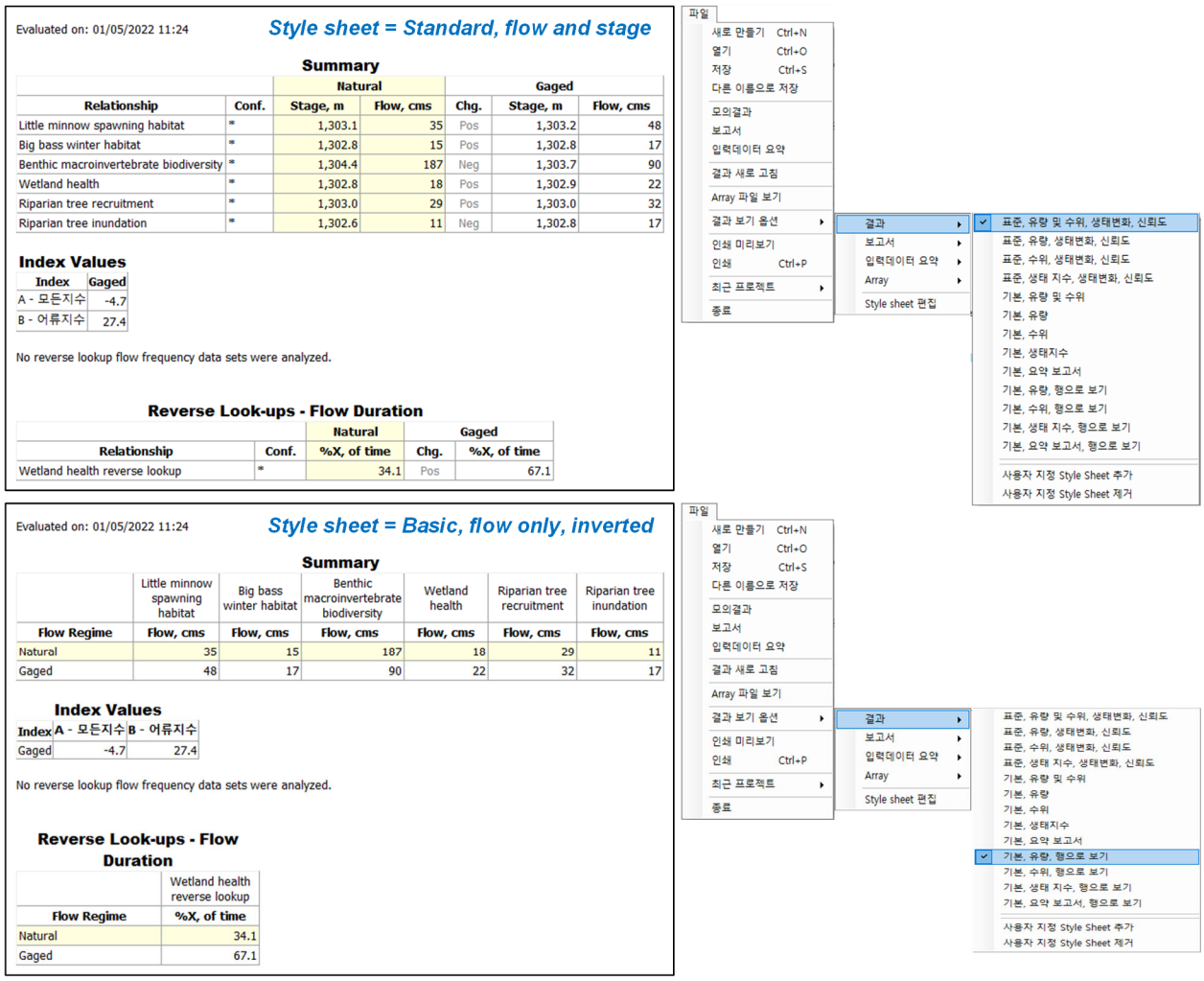


그림 62. HEC-EFM 을 사용하면 기록할 출력 옵션을 선택하고(*결과값 설정...*) 해당 설정을 적용할지(*결과값 설정 적용*) 여부를 선택할 수 있습니다.

5.3 결과 보기 옵션

HEC-EFM 은 또한 모의 결과 및 매개 변수의 형식을 설정하는 옵션을 제공합니다. "*파일 – 결과 보기 옵션- 결과*" 메뉴를 통해 기본 모의 결과 표에 미리 구성된 여러 옵션을 사용할 수 있습니다(그림 63). 보고서에 모의 결과 표를 포함하거나, 통계 결과를 시트에 복사하여 추가 계산을 수행하거나, 불필요한 결과값 도출을 제한할 때 다양한 형식을 활용하는게 도움이 될 수 있습니다. 결과 보기 옵션의 선택은 프로젝트에서 설정됩니다. 즉, 사용자가 다른 형태의 결과 보기를 선택할 때까지 선택되어 있는 결과 보기가 사용됩니다. "*파일 - 결과 새로 고침*" 메뉴 선택사항을 통해 새로운 결과 보기 형태를 적용할 수 있으며 다시 *계산*할 필요는 없습니다. 사전에 구성된 옵션은 현재 결과에 대해서만 사용할 수 있습니다.



Evaluated on: 01/05/2022 11:24 — *Style sheet = Standard, flow and stage*

Summary

		Natural		Gaged		
Relationship	**Conf.**	**Stage, m**	**Flow, cms**	**Chg.**	**Stage, m**	**Flow, cms**
Little minnow spawning habitat	*	1,303.1	35	Pos	1,303.2	48
Big bass winter habitat	*	1,302.8	15	Pos	1,302.8	17
Benthic macroinvertebrate biodiversity	*	1,304.4	187	Neg	1,303.7	90
Wetland health	*	1,302.8	18	Pos	1,302.9	22
Riparian tree recruitment	*	1,303.0	29	Pos	1,303.0	32
Riparian tree inundation	*	1,302.6	11	Neg	1,302.8	17

Index Values

Index	Gaged
A - 모든지수	-4.7
B - 어류지수	27.4

No reverse lookup flow frequency data sets were analyzed.

Reverse Look-ups - Flow Duration

		Natural	Gaged	
Relationship	**Conf.**	**%X, of time**	**Chg.**	**%X, of time**
Wetland health reverse lookup	*	34.1	Pos	67.1

Evaluated on: 01/05/2022 11:24 — *Style sheet = Basic, flow only, inverted*

Summary

	Little minnow spawning habitat	Big bass winter habitat	Benthic macroinvertebrate biodiversity	Wetland health	Riparian tree recruitment	Riparian tree inundation
Flow Regime	**Flow, cms**	**Flow, cms**	**Flow, cms**	**Flow, cms**	**Flow, cms**	**Flow, cms**
Natural	35	15	187	18	29	11
Gaged	48	17	90	22	32	17

Index Values

Index	A - 모든지수	B - 어류지수
Gaged	-4.7	27.4

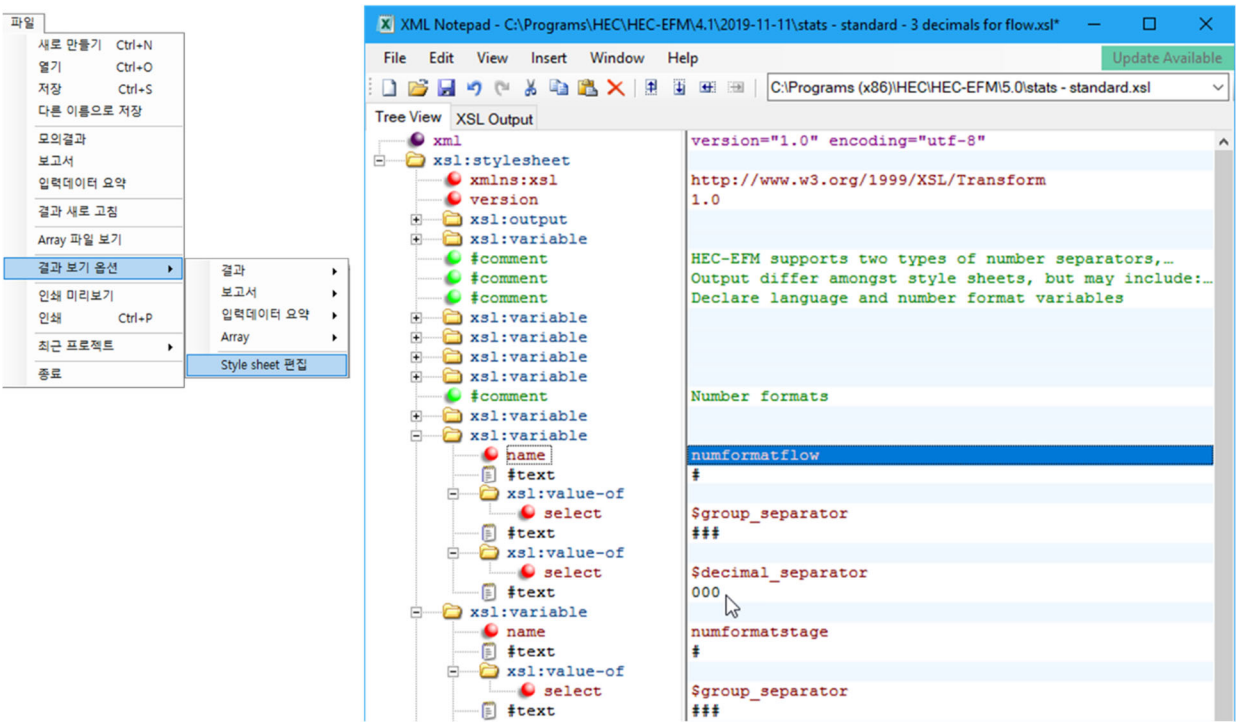
No reverse lookup flow frequency data sets were analyzed.

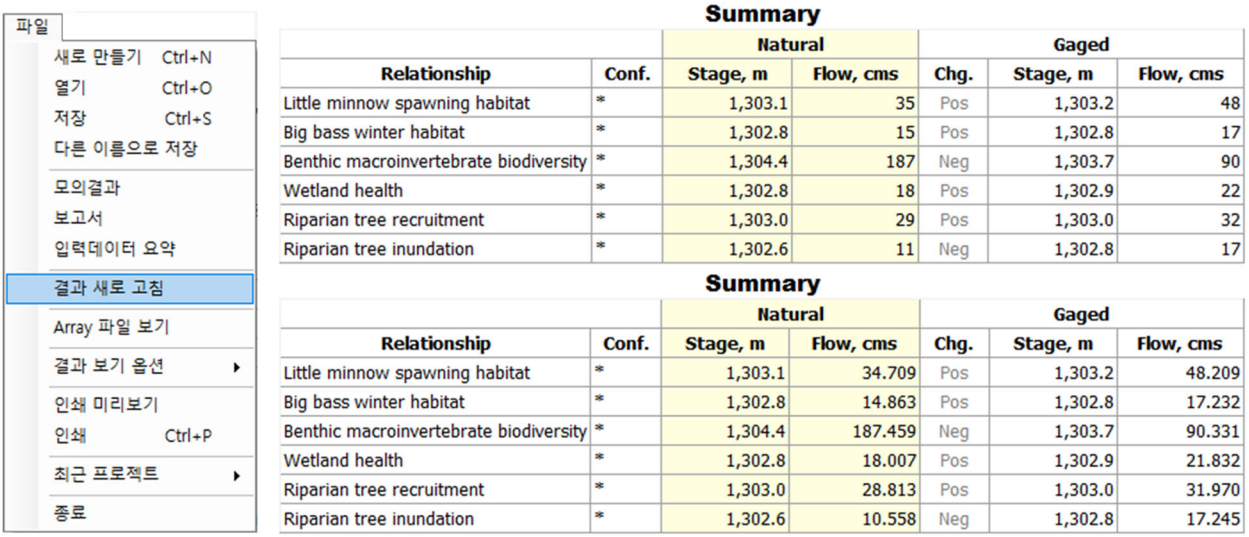
Reverse Look-ups - Flow Duration

	Wetland health reverse lookup
Flow Regime	**%X, of time**
Natural	34.1
Gaged	67.1

그림 63. 결과 보기는 "*파일 – 결과 보기* 옵션 " 메뉴를 통해 선택할 수 있습니다. 기본 결과 보기 형식은 이 그림의 상단에 표시된 "*표준, 유량 및 수위, 생태변화, 신뢰도*"라는 결과 보기로 제어됩니다. 기본, 유량, 행으로 보기 형식도 표시됩니다.

또한 모의 결과, 보고서, 입력 데이터 요약 및 Array File 에 대한 사용자 지정 결과 보기를 추가하거나 제거할 수 있습니다. 결과 보기 Style Sheet 는 XML 편집기를 통해 수정하는 것이 가장 좋습니다. 여러 편집기를 온라인으로 사용할 수 있습니다. XML 메모장이라는 편집기는 EFM 에 포함되어 있으며 "*파일 – 결과 보기 옵션 선택- Style Sheet 편집...*" 메뉴 옵션을 통해 열 수 있습니다. 사용자 지정 Style Sheet 는 출력되는 숫자 또는 표 모양을 수정하는 데 가장 자주 사용됩니다. 모의 결과 표의 경우 숫자에 대한 설정은 Style Sheet 의 시작 부분에 위치하며 사용자가 각 출력 변수의 정밀도를 개별적으로 조정하도록 수정할 수 있습니다(그림 64).





Summary

		Natural		Gaged		
Relationship	**Conf.**	**Stage, m**	**Flow, cms**	**Chg.**	**Stage, m**	**Flow, cms**
Little minnow spawning habitat	*	1,303.1	35	Pos	1,303.2	48
Big bass winter habitat	*	1,302.8	15	Pos	1,302.8	17
Benthic macroinvertebrate biodiversity	*	1,304.4	187	Neg	1,303.7	90
Wetland health	*	1,302.8	18	Pos	1,302.9	22
Riparian tree recruitment	*	1,303.0	29	Pos	1,303.0	32
Riparian tree inundation	*	1,302.6	11	Neg	1,302.8	17

Summary

		Natural		Gaged		
Relationship	**Conf.**	**Stage, m**	**Flow, cms**	**Chg.**	**Stage, m**	**Flow, cms**
Little minnow spawning habitat	*	1,303.1	34.709	Pos	1,303.2	48.209
Big bass winter habitat	*	1,302.8	14.863	Pos	1,302.8	17.232
Benthic macroinvertebrate biodiversity	*	1,304.4	187.459	Neg	1,303.7	90.331
Wetland health	*	1,302.8	18.007	Pos	1,302.9	21.832
Riparian tree recruitment	*	1,303.0	28.813	Pos	1,303.0	31.970
Riparian tree inundation	*	1,302.6	10.558	Neg	1,302.8	17.245

그림 33. EFM Style Sheet 편집은 EFM 에서 생성되는 모의 결과 표의 형식을 사용자가 지정하는데 사용됩니다. 그림에는 유황에 대한 결과에 대해 소숫점 0 에서 3 자리까지 증가된 것을 보여줍니다.

5.4 2 차원 정보 사용

HEC-EFM 에서 유황 데이터로 분석하기 위해 HDF(Hierarchical Data Format-데이터 형식)에 저장된 시계열 데이터를 가져올 수 있습니다. HDF 는 자주 사용되는 데이터베이스 형식(http://www.hdfgroup.org/))이며 모델 시뮬레이션 출력을 저장하기 위해 최소 두 개의 HEC 소프트웨어에 의해 사용됩니다 (2 차원 부등류 해석의 경우 HEC-RAS, 2 차원 생태 시뮬레이션

출력의 경우 HEC-EFMSim). 사용자는 "*편집 – 유황 데이터 –HDF 파일에서 데이터 일괄 추가...*" 메뉴 옵션을 통해 입력 HDF 파일, 가져올 데이터 날짜 및 시간, 유황 데이터 등을 지정합니다. 결과적인 유황 데이터는 유황 데이터의 식별자가 여러 개의 동시 시계열(또는 시계열 및 결합 데이터)을 포함한다는 점에서 복합적입니다. 예를 들어, "습지 복원 구역"이라는 제목의 그림 65 의 첫 번째 유황 데이터는 2,940 개의 HEC-EFM 유황 데이터로 구성하며, 모두 32,000 개 이상의 요소를 포함하고 있는 네 개의 목록 중 하나입니다. 각 부분은 모든 활성화된 생태수문 입력 변수에 대해 독립적으로 계산됩니다. 사용자는 다양한 유황에 HEC-EFM 을 적용하기 전에 스타일 시트 선택 및 출력 설정을 고민해야 합니다.

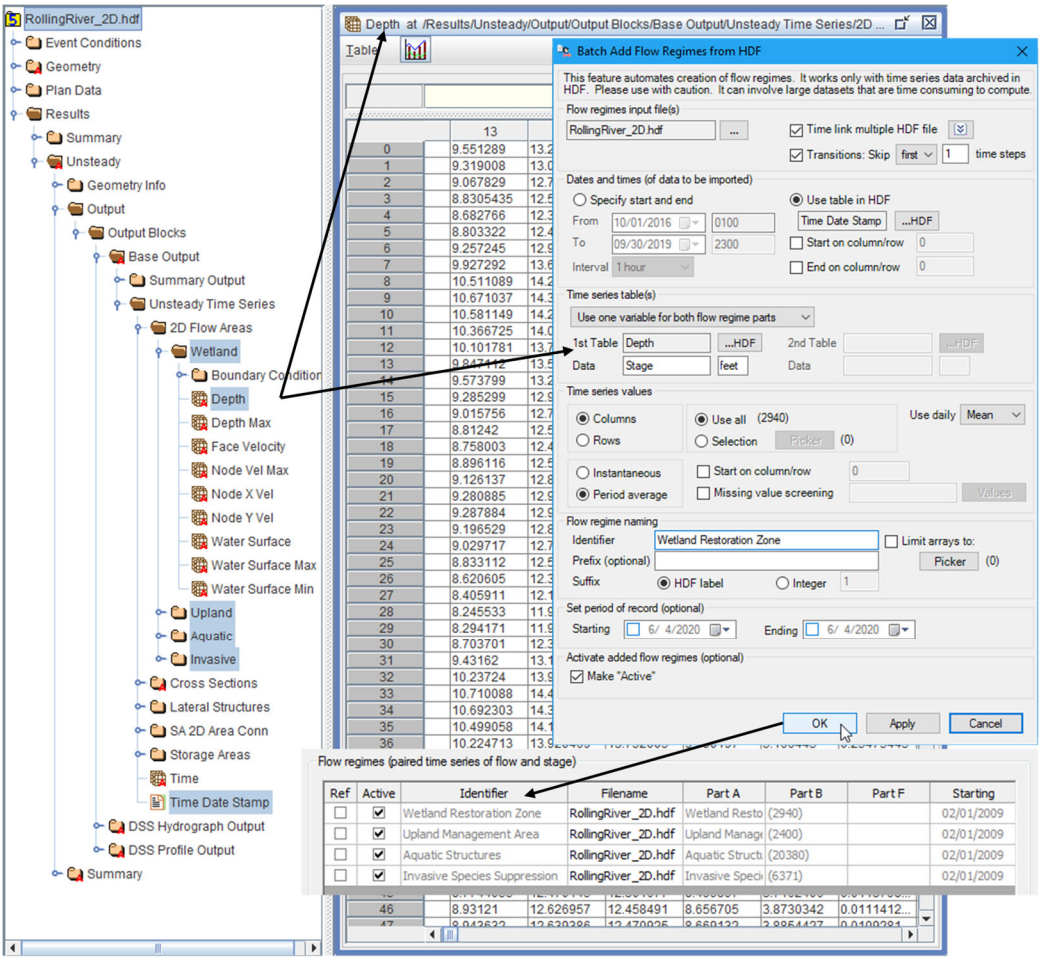


그림 34. HEC-EFM 에서 사용할 HDF 데이터 가져 오기. HEC-RAS 2D 출력 파일의 구조 및 내용은 뒤에 "*HDF 에서 일괄 추가...*"인터페이스가 오른쪽에, 유황 데이터 목록이 맨 아래에 있습니다.

HEC-EFM 이 복합 유황 데이터를 분석하는데 사용하는 데이터 및 수리 해석 프로세스는 한 가지를 제외하고는 기존 유황 데이터와 동일합니다. HDF 의 시계열 데이터 활용은 여러가지의 시간간격 (1 분에서 1 일 범위의 19 개)에 대해 지원되는 반면, Traditional 유황 데이터에서는 일단위 시계열만 사용할 수 있습니다. 일단위 이하의 단위에서 일단위로 전환하는 경우에는,

사용자는 평균, 최솟값 또는 최댓값 중 관심있는 일단위 시계열 데이터를 지정할 수 있습니다. HEC-EFM 은 또한 사용자가 HDF 의 데이터가 순간 값인지 또는 기간 평균 값인지 지정 할 수 있는 설정을 제공하여 일단위 값으로의 변환에 영향을 줍니다. 일단위 이하의 시간 단계를 처리하는 것 외에 다른 프로세스는 변경되지 않습니다. 각각의 유황 데이터는 생태수문 입력 변수의 모의기간, 지속기간, 변화율 및 초과확률 매개변수별로 구성됩니다. 결과는 사용자가 제어하는 결과 보기 설정 값으로 표시됩니다. 유황 데이터의 이름은 복합 유황 데이터에 대해 " Identifier-suffix"로 기록됩니다.

일반적인 유황 데이터에 대한 계산과 마찬가지로 후속 계산은 전체 프로세스를 반복합니다. 일단위 이하의 데이터는 일 단위로 변환되고, 생태수문 입력 변수 매개변수별로 구성된 다음 결과가 작성되고 보고됩니다. 시간을 절약하기 위해서, HEC-EFM 은 "*HDF 파일에서 전처리 작업...*"메뉴 옵션을 제공합니다.이 메뉴 옵션은 일단위 이하의 데이터를 일 단위로 변환하고 일단위 분석결과를 새 HDF 테이블에 저장합니다 (그림 66). 시간/날짜에 대한 표도 생성됩니다. HDF 결과파일은 그림 65 에서와 같이 HDF 인터페이스의 *유황 데이터 일괄 추가*를 통해 사용할 수 있습니다. 전처리 과정은 전체 계산 시간을 약 1/3 까지 줄이는 것으로 나타났습니다.

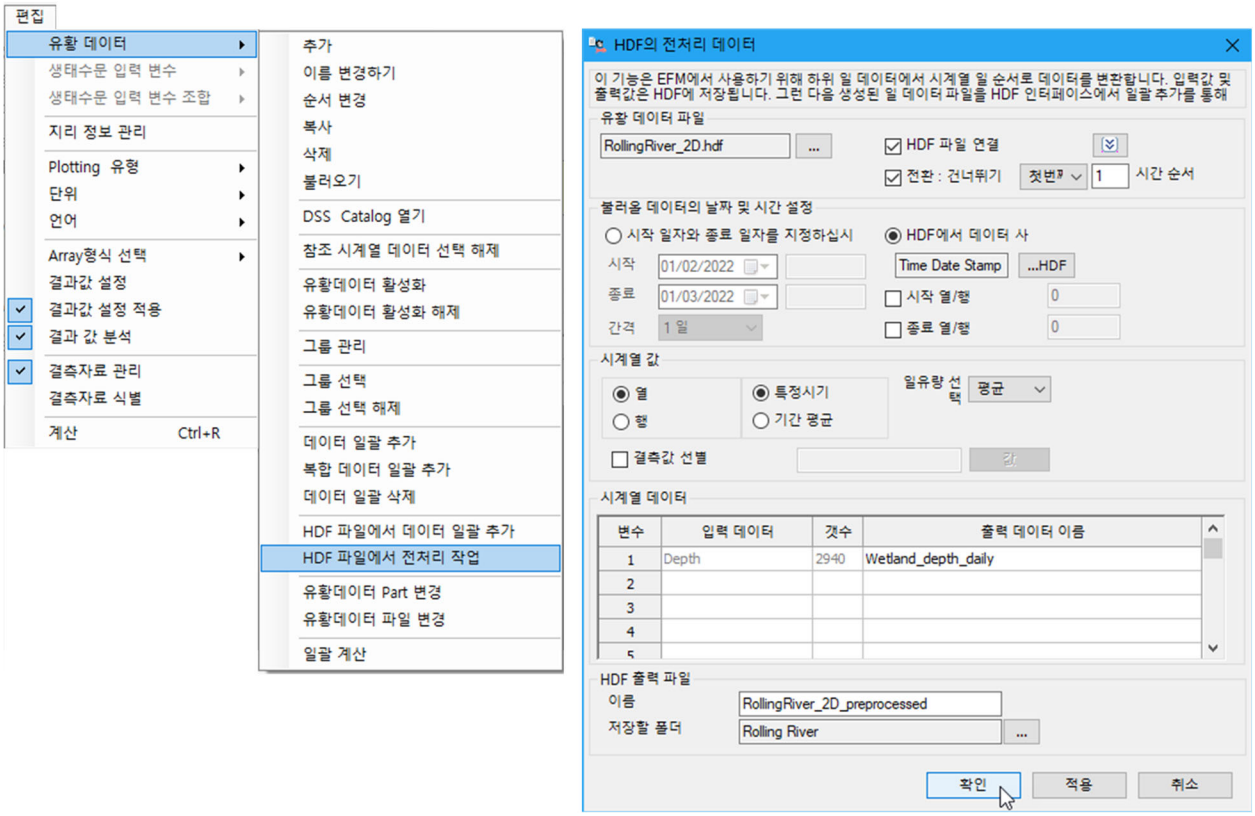


그림 35. *HDF 파일에서 전처리 작업* 기능을 통해 일단위 이하에서 일단위로 반복적이고 시간이 소모되는 변환작업을 방지할 수 있습니다. 이를 통해 일단위 이하의 데이터가 변환되어 새 HDF 파일에 일단위 값으로 기록되어 HEC-EFM 의 유황 데이터 입력자료로 사용할 수 있습니다.

5.5 설계에 적용되는 HEC-EFM

HEC-EFM 은 반복되는 계산과정에서 하나의 유황 데이터를 대체하여 계산을 순환하는 옵션을 제공합니다. 이 옵션은 수문곡선(hydrographs)을 설계하거나 지형을 설계 할 때 유용합니다. 즉, 단일 지형 (저수지 운영)에서 많은 수문곡선을 고려 고려하거나 또는 단일 유출수문곡선 (earthwork)에 대한 여러 지형옵션을 고려할 때 유용합니다.

HEC-EFM 의 적용은 "*파일 – 유황 데이터 – 일괄 계산...*" 메뉴 옵션을 통해 시작됩니다(그림 67). 사용자는 순환할 유황 데이터, 입력 데이터 파일, 출력 위치 및 명명규칙을 지정합니다. 결과를 DSS 로 내보내기 위한 마스터 스위치는 이 기능이 많은 출력을 생성할 가능성이 있기 때문에 여기에서 제공됩니다. 다른 모든 출력 제어(예: 출력 설정 및 계산과정 출력 배열)는 계속 유효합니다. 파일경로명과 사용자 정의 접두사 및 접미사의 조합으로 유황 출력 이름에 대해 여러 옵션이 제공됩니다.

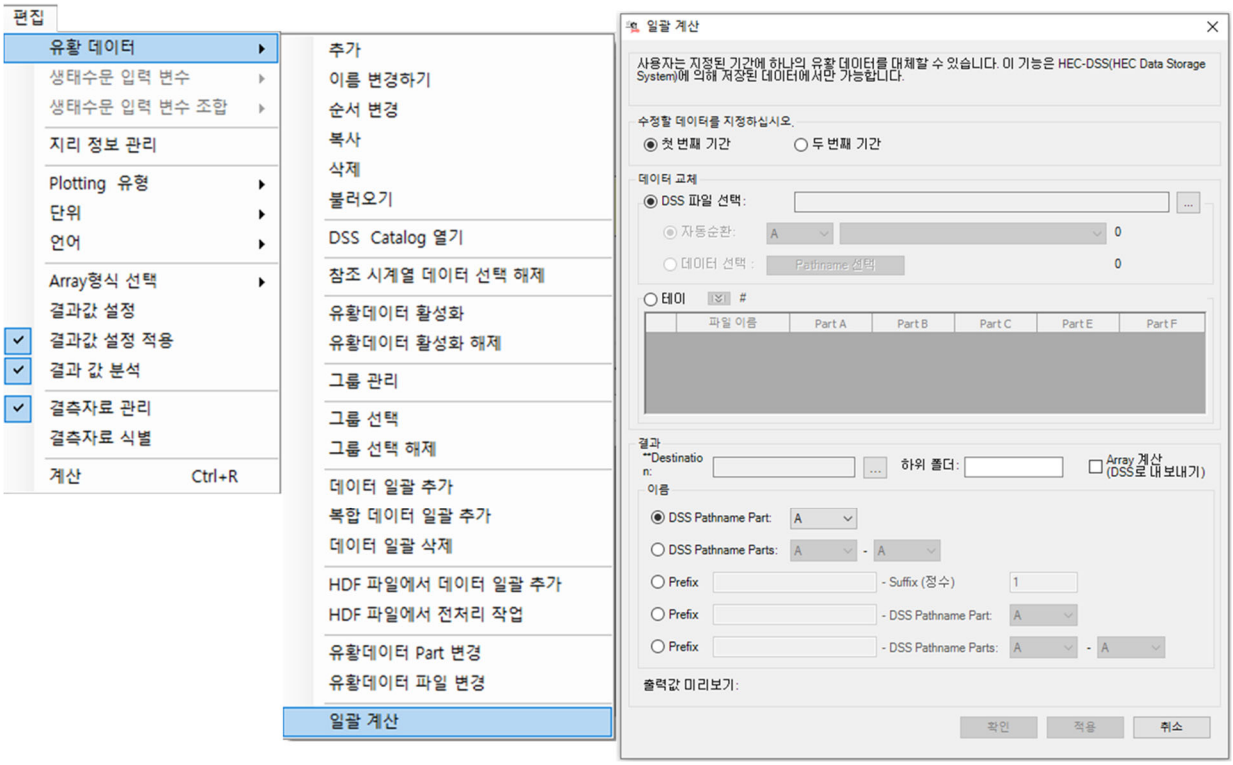


그림 36. HEC-EFM 의 "*일괄 계산...*" 옵션을 사용하면 활성화된 유황 데이터와 관련된 데이터를 대체하면서 순환계산을 할 수 있습니다.

다른 모든 출력 옵션(예 : Array File 생성)은 그대로 유지됩니다. 경로 이름 부분과 사용자 지정 prefixes 와 suffixes 의 조합으로 유황 데이터 출력에 대해 여러 옵션이 제공됩니다.

다시 말하면, 유황 데이터의 반복 계산 시 유황의 한 부분만 변경된다는 점을 유념해야 합니다.. 이 기능의 초기 적용에는 가장 생태학적 이점이 무엇인지 확인하기 위해 여러 수문곡선을 테스트하게 됩니다. 유량 시계열 데이터와 지역 수위-유량곡선(local rating curve)으로 구성된 유황 데이터가 하천의 위치에 E 라서 추가되고 활성화되었습니다. 그런 다음 HEC-EFM 을 사용하여 일련의 수문곡선을 테스트했으며 각 수문곡선은 모든 활성화된 유황 데이터(위치)에 대해 독립적으로 테스트되었습니다. 출력은 후속 분석을 위해 모의 결과와 HEC-DSS 에 기록되었습니다. 그림 67 은 50 개의 수문곡선 (C = FLOW)이 테스트되는 시나리오를 보여줍니다.

CHAPTER 6

언어 지원

HEC-EFM 이 처음 공개된 이후, 특정 기능을 보다 직관적으로 만들기 위해 더 나은 기능정의 및 문서화 방법에 대한 몇 가지 대안이 제시되었습니다. 이는 매우 간단하고 구조적인 방법이지만, 팀마다 선호하는 언어가 다르기 때문에 이상적인 용어와 설명을 만드는 것은 어려운 일입니다. 연구팀이 HEC-EFM 을 최대한 유용하게 사용할 수 있도록 하기 위해 소프트웨어를 사용자가 지정할 수 있는 몇 가지 기능이 추가되었습니다. 여기에는 결과 보기 옵션, Style Sheet 옵션, 사용자 지정 Style Sheet, 결과 보기 선택 및 Style Sheet 편집기 등이 포함됩니다. HEC-EFM 5.0 및 HEC-EFM Plotter 3.0 에서는 사용자가 메뉴 Label 을 지정할 수 있도록 소프트웨어가 추가로 수정되었습니다. 개인 사용자의 경우, 인터페이스 텍스트를 통하여 의사소통이 가장 잘 될 수 있도록 변경할 수 있습니다. 해외 사용자의 경우 언어의 버전을 변환할 수 있습니다.

6.1 언어

HEC-EFM 에서 "언어"는 1) 이름, 2) 언어 파일, 3) 메뉴얼, 4) 예제 프로젝트, 5) 시스템 Label 용 언어로 구성됩니다. 이름은 언어를 식별하기 위해 사용자가 지정합니다. 언어 파일은 모든 Label 이 포함 된 텍스트 파일입니다. Quick Start Guide 및 예제 프로젝트는 번역된 버전의 HEC-EFM 사용자 설명서 및 예제 프로젝트에 대한 파일입니다. 둘 다 선택 사항입니다. 지정하지 않으면 HEC-EFM 은 HEC-EFM 설치의 일부로 제공되는 기본 파일을 계속 사용합니다. 시스템 Label 용 언어는 사용자에게 언어를 선택할 수 있도록 하며, HEC-EFM 에서 모의 결과의 숫자 출력 형식을 결정하는 데 사용됩니다. HEC-EFM 5.0 에는 "EFMLanguage_HEC.txt"라는 버전별 기본 언어 파일의 Label 을 사용하는 "영어 (HEC)"라는 기본 언어가 있습니다.

HEC-EFM Plotter 에서 언어는 1) 이름 및 2) 언어 파일로 구성됩니다. Plotter 설명서 및 예제는 해당 HEC-EFM 구축자료의 일부로 포함되어 있고 Plotter 는 영어 (미국) 언어와 관련된 숫자 형식만 사용하므로 다른 HEC-EFM 언어 구성 요소와는 연관이 없습니다. HEC-EFM 플로터 3.0 에는 "EFMPlotterLanguage_HEC.txt"라는 버전 별 기본 언어 파일의 레이블을 사용하는 "영어 (HEC)"라는 기본 언어가 있습니다 (그림 68).

언어는 소프트웨어 또는 특정 응용 프로그램과 연관되어 있습니다. "프로그램 언어"는 소프트웨어의 특정 버전과 관련된 언어입니다. 하나 이상의 프로그램 언어를 지정하면 가장 최근에 사용한 프로그램 언어로 소프트웨어의 새 메뉴가 열리고 모든 프로그램 언어가 언어 목록에 표시됩니다. "프로젝트 언어"는 응용 프로그램과 직접 관련된 언어입니다. 응용

프로그램이 열리면 이후의 프로그램 언어 변경에 관계없이 해당 프로젝트 언어가 사용됩니다. 프로젝트 언어는 관련 프로젝트의 언어 목록에만 나타납니다. 두 가지 언어 유형을 모두 지원하면 사용자가 단일 컴퓨터에서 여러 언어로 소프트웨어를 사용할 수 있으며 기존 애플리케이션이 새 프로젝트에서 사용되는 것과 다른 언어를 사용하도록 할 수 있습니다.

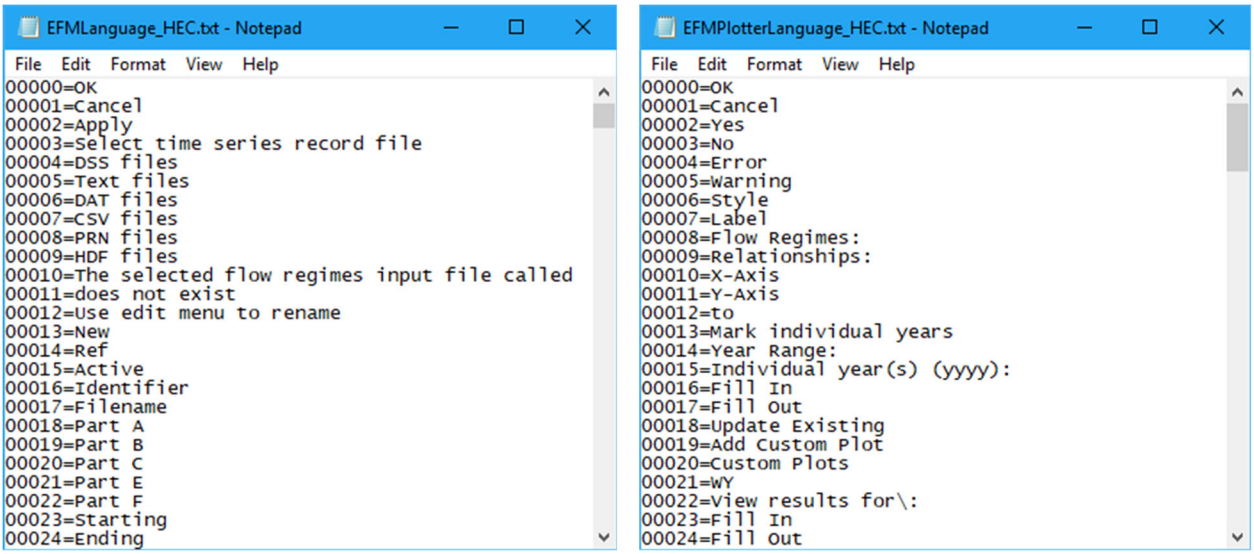


그림 68. HEC-EFM (왼쪽) 및 HEC-EFM Plotter (오른쪽) 용 언어 파일입니다. 언어 파일에는 Label 숫자와 해당 Label 텍스트가 포함됩니다.

6.2 언어 생성 및 관리

언어를 추가, 업데이트 및 제거할 수 있습니다. 새 언어는 기본 언어 "영어(HEC)" 아래의 언어 목록에 알파벳 순으로 나타납니다. 언어명은 공식적인 명칭입니다.

"*언어 추가...*"메뉴 옵션을 선택하면 언어와 관련된 메뉴가 열립니다(그림 69). 기존 언어의 언어 파일과 언어종류를 변경하는 작업은 "*언어 업데이트...*" 메뉴를 통해 수행됩니다. 사용되지 않는 언어는 "*언어 제거...*" 메뉴를 통해 삭제할 수 있습니다.

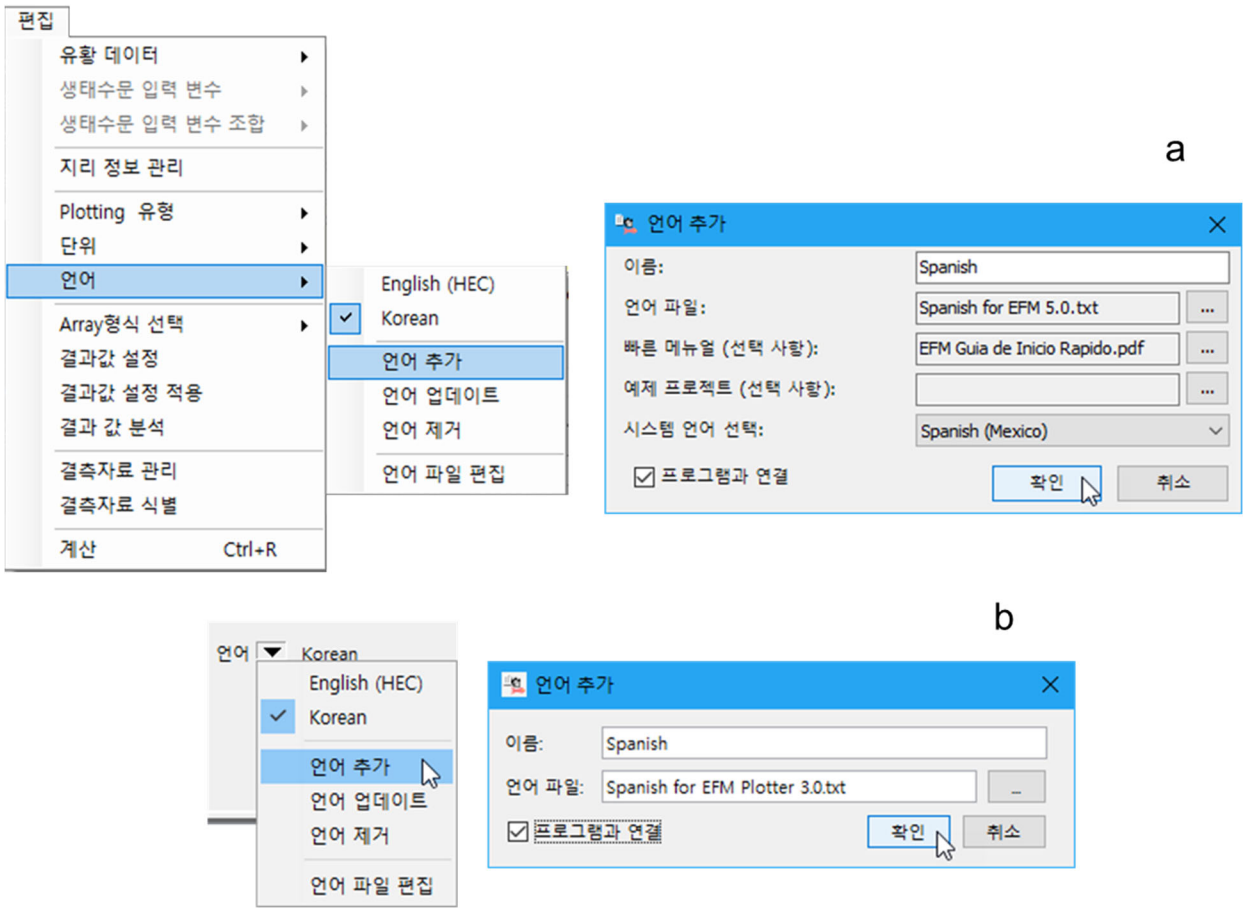


그림 69. 언어를 추가하려면 이름 및 언어 파일을 포함한 언어 부분을 지정해야 합니다. 이미지는 HEC-EFM(a) 및 HEC-EFM Plotter(b)에 스페인어가 프로그램 언어로 추가되는 것을 보여줍니다.

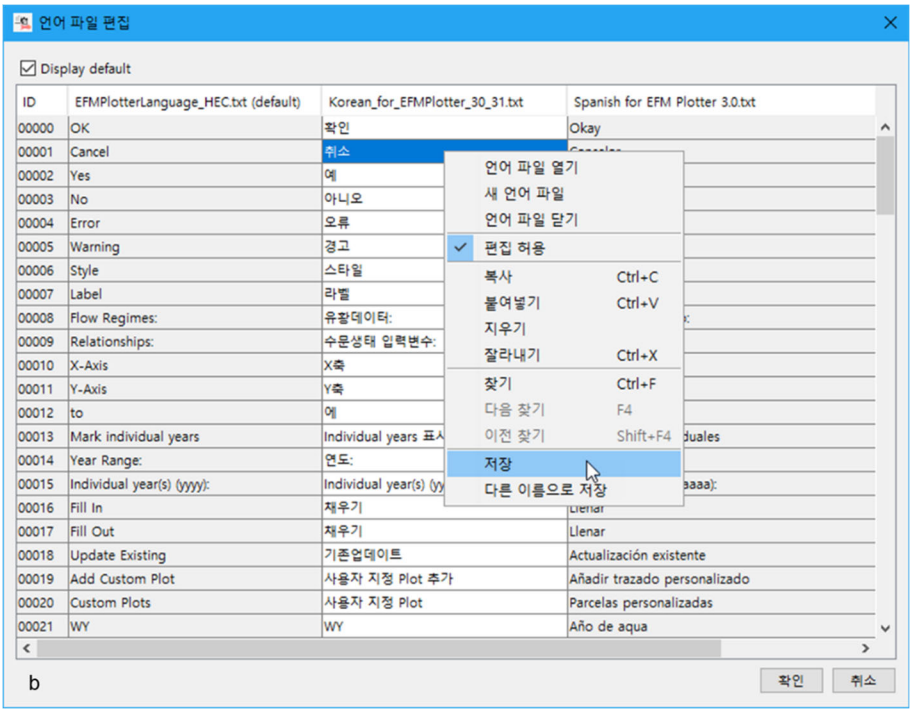
언어를 사용할 준비가 되었는지 확인하기 위해 몇 가지 검증이 수행됩니다. 소프트웨어의 언어가 추가되고, 언어가 업데이트되고, 활성화된 언어와 연결된 언어 파일이 저장될 **때까지** 유효성 검사가 수행됩니다. 먼저, 소프트웨어는 언어와 연결된 파일을 사용할 수 있는지 여부를 확인합니다. 언어 파일을 사용할 수 없는 경우 유효성 검사에 실패하고 경고 메시지가 전달되고 언어가 잘못된 언어(회색 및 선택 불가능)로 추가됩니다. 언어 파일을 사용할 수 있는 경우, 언어는 유효성 확인의 두 번째 부분으로 이동합니다(HEC-EFM 에서는 Quick Start Guide 또는 예제 프로젝트와 관련된 파일을 사용할 수 없는 **단계**에도 **진행됩**니다. 모든 Label 이 있는 경우 유효성 검사에 성공하고 언어가 언어 목록에 추가됩니다(검은색 및 선택 가능). 하나 이상의 Label 이 없는 경우**에는** 유효성 검사에 실패하고 경고 메시지가 전달되고 언어가 잘못된 언어로 추가됩니다.

언어 파일 편집은 "*언어 파일 편집*..." 메뉴 옵션을 통해 HEC-EFM 및 HEC-EFM Plotter 에서 활용할 수 있습니다. 이러한 편집 기능을 사용하여 언어 파일을 열고, 만들고, 닫을 수 있습니다. "*편집 허용*" 메뉴 옵션은 열린 언어 파일을 편집할 수 있는지 확인합니다(그림 70). 활성화된 언어의

언어 파일에 대한 변경 내용은 편집 기능을 통해 해당 언어 파일이 저장된 후에 메뉴에 표시됩니다.

사용자는 HEC-EFM 및 HEC-EFM Plotter 편집 기능을 사용할 필요가 없습니다. 언어 파일은 다양한 소프트웨어와 호환되는 간단한 텍스트 파일입니다. 사용자 지정 Label 또는 번역은 웹 번역기, 워드 프로세서, 스프레드시트 및 기타 소프트웨어로 만들 수 있습니다. 새 Label 을 언어 파일에 직접 저장하거나 HEC-EFM 및 HEC-EFM Plotter 편집에 붙여 넣은 다음 저장할 수 있습니다.

언어 목록은 프로그램 및 프로젝트 언어가 포함됩니다(그림 71). 사용자는 원할 때마다 유효한 언어로 전환할 수 있습니다. 잘못된 언어는 "*언어 업데이트*..." 메뉴 옵션을 통해 수정해야 사용할 수 있습니다.



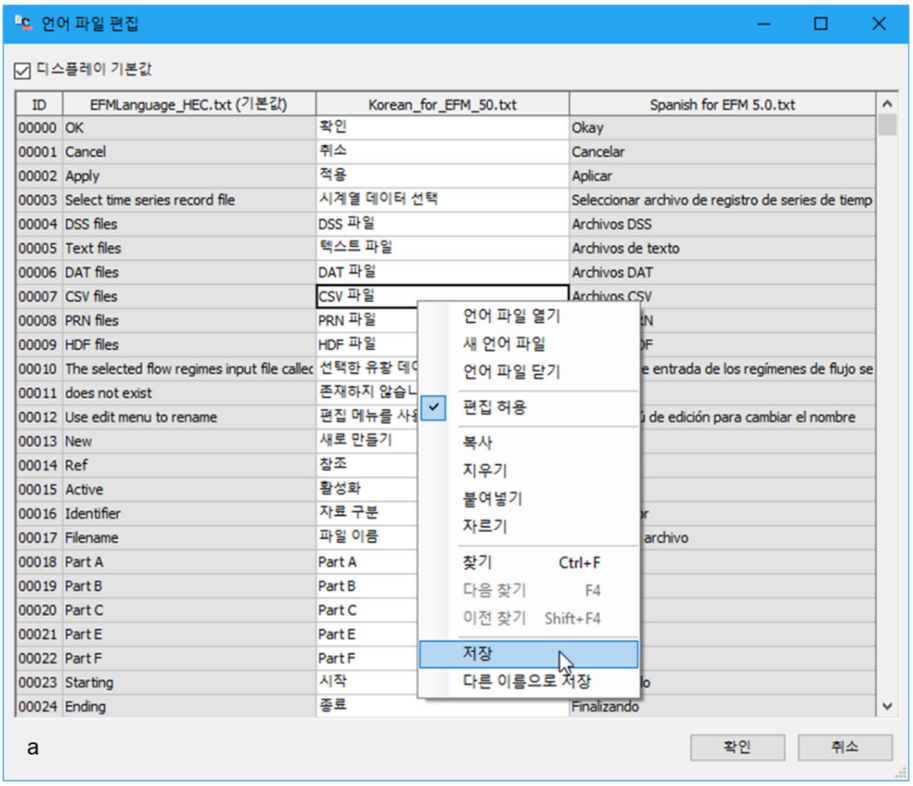


그림 70. HEC-EFM(a) 및 HEC-EFM Plotter(b)의 언어 파일 편집에는 언어 파일을 열고, 만들고, 닫고, 편집하고, 저장하는데 사용됩니다.

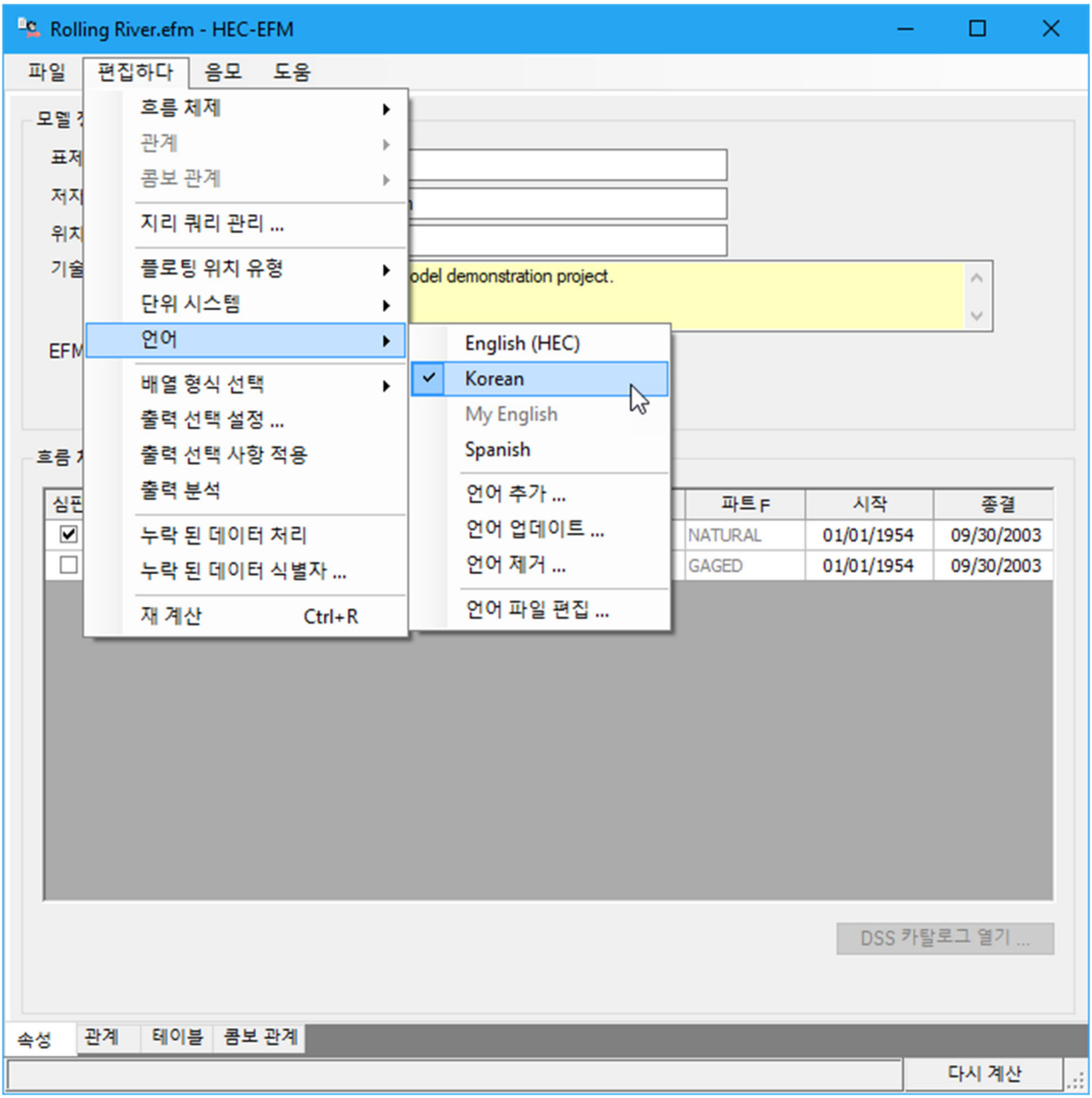


그림 71. HEC-EFM 의 언어 목록 및 언어 선택 메뉴 입니다. 이미지에는 한국어를 활성화된 언어로 사용하는 HEC-EFM 예제 프로젝트가 표시됩니다.

6.3 새로운 소프트웨어 버전과의 호환성

HEC-EFM 5.0 및 HEC-EFM Plotter 3.0 은 사용자 메뉴의 사용자 지정 및 변환을 허용하는 소프트웨어의 첫 번째 버전입니다. 소프트웨어가 계속 발전함에 따라 언어 파일은 개정 및 새 Label 을 수용하도록 변경됩니다. 이러한 의미에서 언어 파일은 대부분의 Label 이 버전마다 변경되지 않더라도 버전별로 다릅니다.

HEC-EFM 및 HEC-EFM Plotter 는 버전별 언어 정보를 저장합니다. 기존 프로젝트 및 소프트웨어가 다양한 언어로 실행되므로, 이미 구축된 언어와의 호환성을 유지하는 데 도움이 됩니다.

향후 버전과의 호환성을 지원하기 위해 추가되거나 변경된 언어 목록이 포함됩니다. 또한 언어 파일 편집은 기존 언어 파일을 연 다음 새 파일로 저장할 때 새 언어로 추가합니다 (파일 저장도 작동하지만 *다른 이름으로 저장...*을 수행하면 원본 파일은 그대로 유지됩니다. 새로운 메뉴 Label 은 사용자 지정 또는 번역된 Label 을 포함 할 때까지 함께 표시됩니다.

언어 연결이 안되는 경우는 컴퓨터를 변경하거나 언어와 관련된 파일을 재배치, 이름 변경 또는 삭제하면 발생할 수 있습니다. 언어 관련된 자료를 계속 사용할 수 있는 한 언어 복구는 간단합니다.

HEC-EFM 및 HEC-EFM Plotter 는 활성화된 Windows 언어로 영어 (미국)를 사용하는 컴퓨터에서만 독점적으로 개발되었습니다. 국외 사용자는 다른 언어를 활성화하는 Windows 를 사용하는 컴퓨터에서 문제가 발생했습니다. 모든 언어에 대해 소프트웨어를 철저히 테스트하는 것은 매우 어렵습니다.

국외 사용자는 Windows 언어가 영어 (미국) 인 컴퓨터에 HEC-EFM 및 HEC-EFM Plotter 를 적용하는 것이 좋습니다. 이 장에 자세히 설명 된 언어 지원 기능을 통해 소프트웨어 메뉴 Label 을 사용자가 선택한 언어로 번역하여 응용 프로그램을 지원할 수 있습니다.

6.4 Opportunities and Resources

HEC 는 수자원과 관련된 광범위한 분야의 소프트웨어를 개발하며, 그 중 다수는 기능을 위해 함께 작동하고 데이터베이스를 공유합니다. 인터페이스의 사용자 정의 또는 번역을 가능하게하는 데 필요한 코딩 측면에서 언어 지원은 HEC 소프트웨어간에 일관성이 없습니다. 또한 HEC 소프트웨어의 내부 테스트는 거의 전적으로 영어 (미국)를 기본 언어 환경으로 사용하여 수행됩니다. 언어 지원을 제공하는 HEC-EFM 및 HEC-EFM Plotter 와 같은 소프트웨어는 다른 언어 환경에 적용될 때 발생하는 문제를 해결하기 위해 추가로 코딩이 필요할 수 있습니다. 이것이 소프트웨어 개발의 특성입니다. 소프트웨어가 확장됨에 따라 설계 성능을 달성하려면 결함을 해결해야합니다.

언어 지원을 통해 다른 언어에 대한 지식도 근본적인 문제입니다. HEC-EFM 및 HEC-EFM Plotter 개발자는 이러한 소프트웨어, 매뉴얼 및 예제 프로젝트를 영어에서 다른 언어로 번역하는 데 도움이 되는 파트너를 초대합니다. 이러한 파트너십은 경쟁, 재정 또는 기타 여부에 관계없이 참여 조직에 독점적인 이익을 제공하지 않습니다. 또한 필요한 자금이나 소스 코드는 지원되지

않습니다. HEC 는 이미 공개 된 텍스트 문서를 제공하고 번역과 관련된 질문에 대한 지원을 제공함으로써 이러한 노력을 지원할 것입니다. 파트너 조직은 번역을 수행하고 번역 된 문서를 HEC 에 다시 제공하여 제한없이 웹을 통해 무료로 배포합니다.

이 제안은 소프트웨어의 사용자 전 세계적이며, 세계의 다양한 지역에서 발전적인 수자원 관리 및 생태계 관리 프로젝트를 촉진하고 지원하는 간단한 방법은 무료로 모국어로 기술을 제공하는 것임을 인식해야 합니다.

CHAPTER 7

결론

본 quick start guide 는 HEC-EFM 을 적용하는 과정을 보여주고 소프트웨어의 일부 기능을 강조하기 위해 설계되었습니다. 이 문서에서 다루는 모든 내용과 소프트웨어에서 활성화된 모든 기능은 광범위하게 테스트되었지만 여전히 발견되지 않은 문제가 나타날 가능성이 있습니다. 버그 또는 의심스러운 동작이 발견되면 HEC 웹 사이트 (www.hec.usace.army.mil/software/HEC-EFM/BugReporting/)에서 오류 보고서(bug report)에 대한 지침을 참조하십시오.

요약하면, HEC-EFM 은 연구팀이 하천 또는 연결된 습지의 유황변화에 대한 생태계 반응을 분석할 수 있도록 설계되었습니다. HEC-EFM 분석에는 1) 수문학과 생태학간의 관계에 대한 통계적 분석, 2) 수리 모델링, 3) GIS 사용이 포함됩니다. 이 과정을 통해 연구팀은 기존의 생태학적 조건을 정의하고, 적절한 복원 장소를 제시하고, 예측된 생태계 변화에 따라 대안을 평가합니다.

이 과정의 공간적 분석을 위한 프로그램은 일반적으로 HEC-GeoEFM 이라는 도구로 관리 및 분석됩니다. HEC-GeoEFM 의 개발은 HEC 와 ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.) 간의 공동협력을 통해서 이루어졌습니다. 버전 1.0 은 2011 년 6 월에 출시되었습니다. 여기에는 사용자가 HEC-EFM 애플리케이션에서 일반적으로 사용되는 공간 계산을 수행하는 데 도움이 되는 기능 모음 (서식처 계산, 서식처 연결성 분석)이 포함되어 있습니다.

HEC-EFM 은 많은 강점을 가지고 있습니다. 특히 1) 다양한 생태계간 관계 및 관리 시나리오의 변화를 테스트 할 수 있습니다. 2) 생태학과 수문학의 조합, 수리 해석 및 GIS 와 연결, 3) 빠르고 저렴하게 적용 할 수 있으며 다양한 전문 지식을 통합 할 수 있습니다. HEC-EFM 은 광범위한 하천 및 습지 생태계, 물 관리 문제 및 복원 프로젝트에 적용 할 수 있는 일반적인 소프트웨어 도구입니다.

HEC-EFM 은 또한 다음과 같은 제약사항도 갖고 있습니다. 1) 일단위 자료만을 사용하고, 2) 다년간 자료에서 다른 연도간의 역학(inter-year dynamics)을 명시적으로 추적하지 않음, 3) 분석결과는 종 개체수 및 생태계 서비스와 같은 보다 가시적인 생태학적 속성에 대한 프록시 또는 지표로 사용됨

HEC-EFM, HEC-EFM Plotter 및 HEC-GeoEFM 에 새로운 기능이 추가되어 유황 데이터를 분석하고 서식지를 매핑 및 평가하는 능력을 향상시킵니다. 또한 장기적인 개발을 통해 HEC-EFM 은 시간과 공간상에서 생태계를 시뮬레이션하고 결과를 표출 할 수 있습니다. 이 공간적 및 시간적

연결은 위에서 언급한 제한 사항을 해결할 수 있을 것으로 기대되며 소프트웨어의 현재 기능과 병행하여 구현되고 있습니다.

이러한 소프트웨어의 응용 프로그램이 유황 데이터의 통계 분석이 될 수 있거나 서식처를 매핑하거나 시뮬레이션 할 수 있는 확장성 덕분에 다양한 프로젝트의 요구 사항에 따라 모델링을 맞춤화 할 수 있으며, 각 수준에서 결과를 생성하여 연구 팀과 이해 관계자를 참여시킬 수 있는 기회를 제공합니다.

HEC-EFM 버전 2.0 및 3.0 및 HEC-GeoEFM 1.0 은 미공병단의 Ecosystem Center of Expertise 에서 권장하는 바와 같이 미육군공병단 사령부에서 국가 프로젝트에 활용될 수 있도록 인증되었습니다. 모델 인증은 모델이 기술적, 이론적, 기능적으로 안전하며 모델의 설계 및 제약조건을 감안하여 미공병단의 계획 단계에 적용될 수 있다는 결정입니다. HEC-EFM 은 많은 응용이 가능합니다. 가장 일반적인 것은 생태계 복원 계획, 물관리 의사 결정, 유량-수위와 관련된 영향 분석, 멸종 위기에 처한 종을 고려한 분석입니다.

CHAPTER 8

이용약관

프로그램 사용에는 사용 약관이 적용됩니다. 프로그램 소프트웨어로 할 수 있는 일을 제한하고, 보증을 포기하고, 책임을 제한하고, 프로그램 개발자와 미국 정부를 면책합니다. 사용 약관에 동의하지 않으면 프로그램을 사용할 수 없습니다. 전체 내용은 다음과 같습니다..

Terms and Conditions for Use

The United States Government, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center ("HEC") grants to the user the rights to install Ecosystem Functions Model (HEC-EFM) "the Software" (either from a disk copy obtained from HEC, a distributor or another user or by downloading it from a network) and to use, copy and/or distribute copies of the Software to other users, subject to the following Terms and Conditions for Use:

All copies of the Software received or reproduced by or for user pursuant to the authority of this Terms and Conditions for Use will be and remain the property of HEC.

User may reproduce and distribute the Software provided that the recipient agrees to the Terms and Conditions for Use noted herein.

HEC is solely responsible for the content of the Software. The Software may not be modified, abridged, decompiled, disassembled, un-obfuscated or reverse engineered. The user is solely responsible for the content, interactions, and effects of any and all amendments, if present, whether they be extension modules, language resource bundles, scripts or any other amendment.

The name "HEC-EFM" must not be used to endorse or promote products derived from the Software. Products derived from the Software may not be called "HEC-EFM" nor may any part of the "HEC-EFM" name appear within the name of derived products.

No part of this Terms and Conditions for Use may be modified, deleted or obliterated from the Software.

No part of the Software may be exported or re-exported in contravention of U.S. export laws or regulations.

Waiver of Warranty

THE UNITED STATES GOVERNMENT AND ITS AGENCIES, OFFICIALS, REPRESENTATIVES, AND EMPLOYEES, INCLUDING ITS CONTRACTORS AND SUPPLIERS PROVIDE HEC-EFM \"AS IS,\" WITHOUT ANY WARRANTY OR CONDITION, EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY, AND SPECIFICALLY DISCLAIM ANY IMPLIED WARRANTIES OF TITLE, MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NON-INFRINGEMENT. Depending on state law, the foregoing disclaimer may not apply to you, and you may also have other legal rights that vary from state to state.

Limitation of Liability

IN NO EVENT SHALL THE UNITED STATES GOVERNMENT AND ITS AGENCIES, OFFICIALS, REPRESENTATIVES, AND EMPLOYEES, INCLUDING ITS CONTRACTORS AND SUPPLIERS, BE LIABLE FOR LOST PROFITS OR ANY SPECIAL, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH USE OF HEC-EFM REGARDLESS OF CAUSE, INCLUDING NEGLIGENCE.

THE UNITED STATES GOVERNMENT'S LIABILITY, AND THE LIABILITY OF ITS AGENCIES, OFFICIALS, REPRESENTATIVES, AND EMPLOYEES, INCLUDING ITS CONTRACTORS AND SUPPLIERS, TO YOU OR ANY THIRD PARTIES IN ANY CIRCUMSTANCE IS LIMITED TO THE REPLACEMENT OF CERTIFIED COPIES OF HEC-EFM WITH IDENTIFIED ERRORS CORRECTED. Depending on state law, the above limitation or exclusion may not apply to you.

Indemnity

As a voluntary user of HEC-EFM you agree to indemnify and hold the United States Government, and its agencies, officials, representatives, and employees, including its contractors and suppliers, harmless from any claim or demand, including reasonable attorneys' fees, made by any third party due to or arising out of your use of HEC-EFM or breach of this Agreement or your violation of any law or the rights of a third party.

Assent

By using this program you voluntarily accept these terms and conditions. If you do not agree to these terms and conditions, uninstall the program and return any program materials to HEC (If you downloaded the program and do not have disk media, please delete all copies, and cease using the program.)