

EFDC-NIER

사용자 매뉴얼

Manual version : EFDC-NIER_2003



국립환경과학원

National Institute of Environmental Research

1. 개요	1
2. EFDC-NIER 소스코드 및 컴파일	
2.1 EFDC-NIER 소스코드	5
2.2 EFDC-NIER 컴파일	7
2.3 EFDC-NIER의 Debug 모드, 일반 실행 모드	13
3. EFDC-NIER 개선내용	
3.1 모의 기간 및 모의 시간 간격 지정	15
3.2 보 기능	16
3.3 조류 관련 기능	21
3.4 기타 기능	30
4. EFDC-NIER 입·출력파일 구조	
4.1 모의 기간 및 모의 시간 간격 지정	37
4.2 보 기능	40
4.3 조류 관련 기능	76
4.4 기타 기능	102
5. 예제 (Tutorial)	
5.1 가동보와 고정보	110
5.2 가동보 가동	118
5.3 어도	121
5.4 소수력 발전소	125
5.5 다기능 보 복합 적용	129
참고문헌	139

EFDC-NIER 사용자 매뉴얼

- 개정이력 -

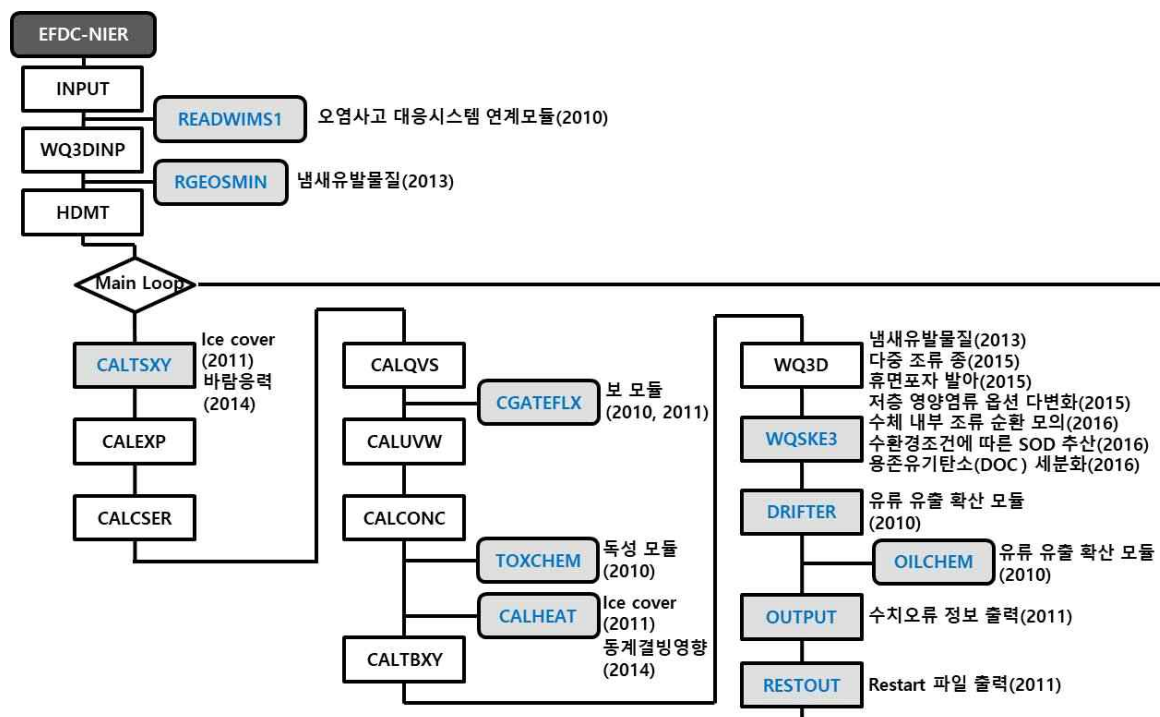
[illegible]

1. 개요

Environmental Fluid Dynamics Code (EFDC)는 미국 Virginia Institute of Marine Science (VIMS)에서 개발되었으며, 하천, 호소, 하구, 해양에 적용 가능한 3차원 수리, 수질, 퇴적물이동 수치모델이다. 대학, 연구기관, 국가기관 및 엔지니어링업체 등에서 널리 사용되어 우수성이 입증되었다. 국립환경과학원은 2010년부터 EFDC (20100328 버전) 소스 코드를 국내 주요 수역 여건에 적합하도록 기능을 개선하고, 필요한 모듈을 개발하여 사용 중이다. 개선된 모델을 EFDC-NIER로 명명하고 대하천 본류 수질예보 기반 수치 모델로 운영 중이며 국내 주요 하천과 호수에 적용되고 있다.

본 사용자 매뉴얼은 새롭게 개발된 EFDC-NIER 모델의 주요 기능 중심으로 구성되었다. 국내 주요 하천의 보 기능, 조류 다중 종 모의 기능, 남조류 수직 이동 기작, 휴면 포자 생성 및 발아기작, 조류에 대한 염분 및 담수 독성 영향 기작, 바람응력, 산화·환원 조건 변화에 따른 저층 영양염 용출 변동 등의 기능을 수록하였다. 2장에는 소스코드 및 컴파일, 3장은 개선된 기능의 이론적 설명, 4장에는 입·출력파일 구조, 그리고 5장에는 후처리 프로그램 사용방법을 수록하였다.

EFDC-NIER 기능 개선시 기존 기능을 유지하여 기존 EFDC와 호환되도록 입력자료 형식과 서브루틴 흐름을 동일하게 구성하였다(<그림 1-1>). 즉 기존 EFDC에도 EFDC-NIER 입력파일을 입력하여 모델을 구동할 수 있다.



<그림 1-1> EFDC-NIER의 서브루틴 흐름도

EFDC-NIER 개선 이력을 <표 1-1>에 제시하였다. 주요 개선내용으로 보 기능, 조류 성장 제한인자 및 수질반응속도 출력 기능, 바람응력 산정기작 개선, 다중 조류 종 모의, 남조류 수직 이동 기작, 휴면포자 발아기작, 저층용출 개선 등이 있다 (국립환경과학원, 2010; 국립환경과학원, 2011; 국립환경과학원, 2014; 국립환경과학원, 2015; 국립환경과학원, 2016).

<표 1-1> EFDC-NIER 개선 이력

연도	개선내용	목적
2010	4대강 수리구조물 재현을 위한 보 기능 개발	모델 기능 개선
	수질결과 후처리 프로그램 개발	모델 결과 후처리
2011	4대강 보의 고정보 기능 개발	모델 기능 개선
	다기능 보 기능 개선	"
	Wet/Dry 구간 계산 오류 수정	모델 정확도 향상
	수질반응속도 및 조류성장 제한인자 출력 기능 개발	모델 결과 후처리
2014	바람응력 산정기작 및 동계 결빙 영향 개선	모델 정확도 향상
2015	다중 조류 종 모의 기능 개선	모델 기능 개선
	남조류 수직 이동 기작 모듈 개발	모델 정확도 향상
	휴면포자 발아기작 모듈 개발	"
	산화·환원 조건 변화에 따른 저층 영양염류 용출 옵션 다변화 개발	"
2016	수체 내부 조류 순환 모의 모듈 개발	"
	수층 내 물리화학적 환경 조건을 고려한 SOD 추산 기능 개발	모델 기능 개선
2019	조류의 염분 및 담수 독성 영향 기작	"

<표 1-2>에 EFDC-NIER 기능이 개선된 주요 서브루틴을 제시하였다. 기능개선을 위해 추가된 변수의 값을 입력받도록 INPUT, WQ3DINP, RWQC1, RWQCSR 서브루틴을 수정하였다. CALTSXY 서브루틴을 수정하여 바람응력 계산식을 확장하였다. 국내 하천에 건설된 다기능 보의 수리구조물을 고려하기 위해 CALQVS 서브루틴을 수정하였다. 다중 종 모의기능 추가와 수질 및 조류 반응기작 계산 기능을 개선하기 위해 WQSKE# 서브루틴을 수정하였다. 추가된 기능으로 계산된 결과가 출력되도록 OUTPUT 서브루틴을 수정하였다. <표 1-2>에 제시한 주요 서브루틴 외에도 추가 기능에 필요한 변수 선언, 소스코드 최적화 등을 위해 다수의 서브루틴이 수정되었다.

<표 1-2> EFDC-NIER 기능 개선이 적용된 주요 서브루틴

대상 서브루틴	내용
INPUT	기능 개선 조건 입력 (보, 조류, 바람 등)
WQ3DINP	조류 기능 개선 조건 입력
RWQC1	조류 기능 개선 조건 입력
RWQCSR	다중 조류 종 부하량 시계열 조건 입력
CALTSXY	Wind drag coefficient 기능 개선
CALQVS	보 기능 개선
WQSKE#	수질 및 조류 반응기작 계산 기능 개선
OUTPUT	신규 기능 계산 결과 출력 기능 개선

<표 1-3>에 기존 EFDC와 EFDC-NIER의 주요 차이를 비교하여 제시하였다. 모의시간 설정과 같은 모델운영에 관한 기본 기능들과 국내 하천 여건을 고려한 수리구조물 기능, 조류 다중 종 모의, 남조류 수직이동 기작, 남조류 휴면포자 생성 및 발아, 바람응력, 저층 영양염 용출, 조류성장 제한인자 출력 등 다수의 기능을 개선하였다.

<표 1-3> 기존 EFDC와 EFDC-NIER의 주요 차이

항목	기존 EFDC	EFDC-NIER
모의 시간 설정	모의 기간 및 시간 간격 등을 time step과 시간(초)과의 관계를 이용하여 사용자가 계산 후 입력 입력파일 : EFDC.INP	모의 기간을 연월일시 형태로, 계산 시간 간격을 시간(초)으로 입력 신규입력 파일 : EVENT_TOX2.INP
수리구조물	수위에 따른 방류량 산정. (수위-유량 곡선식 기반) 입력파일 : QCTL.INP	4대강 다기능 보 고려 신규입력파일 : GATECTL.INP, GATESER.INP
조류 다중 종	3종 모의 (cyano, diatom, green) 입력파일 : WQ3DWC.INP, CWQSR##.INP 등	3종 이상 다중 종 모의 (종 수 제한 없음) 신규입력파일 : WQ3DWC2.INP, CWQSRX##.INP 등
남조류 수직 이동	구역별 침강속도 지정 입력파일 : WQ3DWC.INP	조류 밀도에 따른 침강속도 계산 신규 입력파일 : WQSTOKES.INP

항목	기존 EFDC	EFDC-NIER
휴면포자 및 발아	휴면포자 및 발아 기작 없음	휴면포자 발아 기작 개선 신규입력파일 : WQ3DWC2.INP, CYANOMAP.INP
바람 응력	선형식, 계수 고정 입력파일 : 바람 계수 지정 없음	선형 및 비선형식 선택, 계수 입력 신규입력파일 : WINDCOEF.INP
저층 영양염 용출	지정된 용출율과 SOD만 고려 입력파일 : WQ3DWC.INP	환경특성 고려하여 영양염 용출 및 SOD 변동 신규입력파일 : WQ3DWC2.INP, WQBENMAP.INP, WQBENFLX.INP
조류성장 제한인자 출력	조류성장 제한인자 출력시 binary 형태로 분석이 제한적이고, 출력 중 overwrite 오류	Overwrite 오류를 수정하고, 생지화학적 반응속도를 WQRATE.BIN에 기록
조류 염분 및 담수 독성 영향 기작	남조류의 염분독성 영향 기작	모든 조류 종의 염분 및 담수독성 영향 기작 고려 신규입력파일 : WQDGSTOX.INP

2. EFDC-NIER 소스코드 및 컴파일

2.1 EFDC-NIER 소스코드 구조

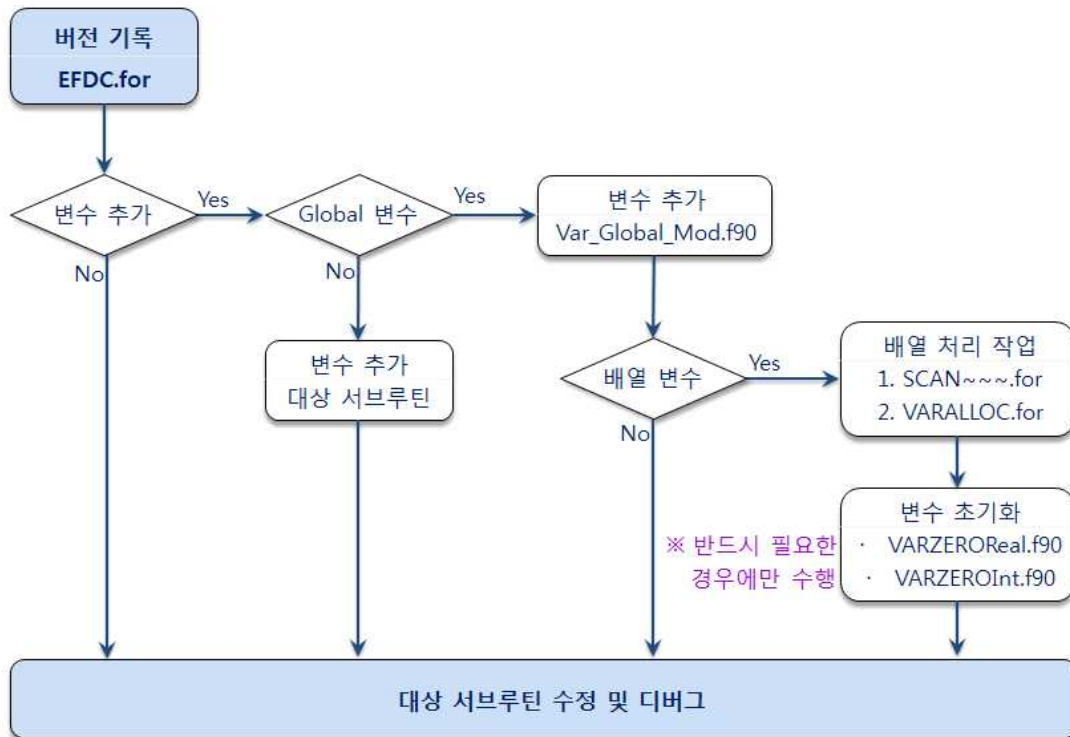
EFDC-NIER은 DSI, LLC (Dynamic Solution-International, LLC, www.ds-intl.biz)에서 공개 배포한 EFDC-DS 소스코드(버전 20100328)를 기반으로 하였다.

EFDC-NIER 소스코드는 FORTRAN 언어로 구성되었다. 소스코드에 적용된 문법은 FORTRAN 77과 FORTRAN 90이 모두 사용되었다. EFDC-NIER에서 FORTRAN 77이 적용된 서브루틴은 236개, FORTRAN 90이 적용된 서브루틴은 15개로 모두 251개이다. 확장자가 .for인 파일이 FORTRAN 77, .f90인 파일이 FORTRAN 90이다. FORTRAN 77은 소스코드 작성 규칙을 반드시 지켜야 하나, FORTRAN 90은 FORTRAN 77의 코드 작성 규칙 제한이 없다. 초기 버전의 EFDC가 FORTRAN 77로 구성되었기 때문에 FORTRAN 77을 유지하고, 소스코드 작성의 편리성과 기능의 다양화를 위해 신규 작성 코드는 FORTRAN 90이 사용되었다.

EFDC-NIER 소스코드는 기존 EFDC 소스코드 작성 규칙을 준수했다. EFDC-NIER의 변수 추가 및 계산 모듈 서브루틴 개선 시 <그림 2.1-1> 순서도의 규칙에 따라 수정하였다 (국립환경과학원, 2015).

EFDC-NIER 소스코드 수정시 확인 사항을 아래에 기록하였다.

- EFDC.for에 수정 코드의 버전을 기록하여 관리에 용이하도록 할 것
- 변수가 추가될 경우 global 또는 local 변수를 판별할 것
- Global 변수일 경우 Var_Global_Mod.f90에 변수를 추가할 것
- 추가한 변수가 배열 변수일 경우 배열 처리작업을 수행할 것
- 변수 초기화는 반드시 필요한 경우에만 수행 할 것
- 소스코드 수정 후 디버그를 통해 충분히 테스트 할 것



<그림 2.1-1> EFDC-NIER 소스코드 개선 모식도

EFDC-NIER는 수년간 기능이 확장되었으며, 향후에도 확장 가능성이 있다. 또한 소스코드는 협업 수정이 빈번하므로, 소스코드의 체계적인 버전 관리를 위해 Git (<https://git-scm.com/>) 버전 관리 시스템을 사용하였다. <그림 2.1-2>는 Git을 활용한 EFDC-NIER의 버전 관리 예시이다.

주요 변경사항 설명	수정일	수정자	수정코드
INP 확인, IWQBENOX = 0 : 기존 읽기 방식 / 1 > : 산화환원조건 추가	5 11 2015 10:03	igcho <jgcho@geos>	4644ea4
origin/Algae_spore Merge branch 'master' of http://192.168.2.40	5 11 2015 9:54	jhlee <jhlee@geos>	4ebf2bf
외부 loading	5 11 2015 9:49	igcho <jgcho@geos>	ecb8a4f
조류 내부 수산소, 질소, 인, 유기물, 영양염류	5 11 2015 9:49	jhlee <jhlee@geos>	b5d7967
Merge branch 'Algae_spore' of http://192.168.2.40/git/EFDC-NIER	22 10 2015 15:24	igcho <jgcho@geos>	a51cc45
Merge remote-tracking branch 'origin/master' into Algae_spore	22 10 2015 15:11	jhlee <jhlee@geos>	dda325
WQSTOKES01 NaN 해결, K.eq.1 관련 조정, 기존 기능과 동일 확인	22 10 2015 15:03	igcho <jgcho@geos>	e6a356d
INP 통일	22 10 2015 15:03	jhlee <jhlee@geos>	f04f0c5
Merge branch 'master' of http://192.168.2.40/git/EFDC-NIER into Algae_spore	19 10 2015 11:48	jhlee <jhlee@geos>	cd5aa37
benthic_cyano_v1	19 10 2015 11:34	jhlee <jhlee@geos>	37eee0e
Cyano 비교하면서 오류 수정	15 10 2015 20:46	igcho <jgcho@geos>	bdb4e9a

Commit: 4ebf2bf2d7a77ca0e4501f917d975bdcc92151 [4ebf2bf]
 Parents: bf42862271, ecb8a4f023
 Author: jhlee <jhlee@geos>
 Date: 2015년 11월 5일 목요일 오전 9:54:00
 Labels: origin/Algae_spore

Merge branch 'master' of http://192.168.2.40/git/EFDC-NIER

변경 파일명: RWQCSR.for, SCANWQ.for, VARALLOC.for, VARINIT.for

수정 내용: - : 삭제 부분, + : 추가 부분

<그림 2.1-2> Git을 이용한 EFDC-NIER 버전 관리 예시

2.2 EFDC-NIER 컴파일

EFDC-NIER 개발 컴퓨터 환경정보를 <표 2.2-1>에 제시하였다. 개발 컴퓨터와 동일한 환경에서 소스코드를 컴파일 할 필요는 없으나 가급적 유사한 환경에서 수행한다면 발생 가능한 문제를 최소화 할 수 있다. <표 2.2-2>에 EFDC-NIER 컴파일 및 모델수행을 위한 컴퓨터의 최소사양과 권고사양을 제시하였다.

<표 2.2-1> EFDC-NIER 개발용 컴퓨터 환경 정보

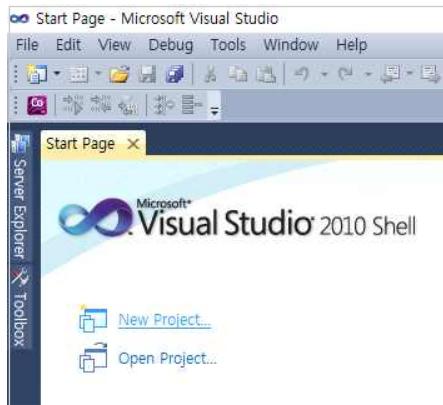
운영체제	항목	내용
윈도우	운영체제	Windows 10 Pro
	시스템 종류	64bit
	프로세서	Intel Core i9-7900X 3.30 GHz
	메모리	16GB
	컴파일러	Intel(R) Visual Fortran Compiler XE, Version 12.1.1.258 Build 20111011
리눅스	운영체제	openSUSE 11.1-1.18
	시스템 종류	64bit
	프로세서	Intel Core i7 9750 3.33 GHz
	메모리	4GB
	컴파일러	Intel(R) Fortran Intel(R) 64 Compiler Professional for applications running on Intel(R) 64, Version 11.1 Build 20090511

<표 2.2-2> EFDC-NIER 컴파일 및 모델수행 컴퓨터 사양

항목	최소사양	권고사양
운영체제	Windows 10 Pro Linux openSUSE 11, UBUNTU 12, CentOS 6	
시스템 종류	32bit	64bit
프로세서	Intel Core i5	Intel Core i7
메모리	8GB	16GB
컴파일러	Intel(R) Fortran Compiler 11 이상	

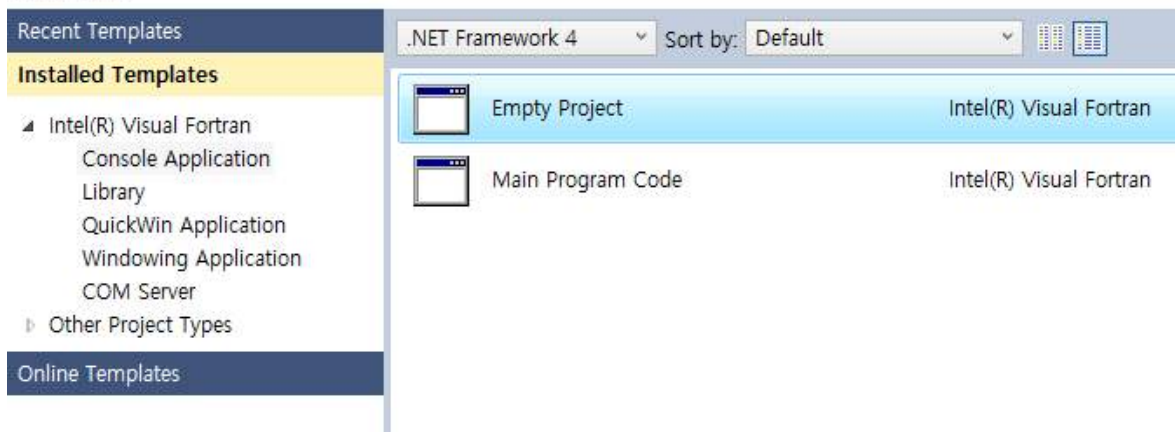
2.2.1 윈도우 환경 컴파일 방법

- 소스코드 압축 해제 (EFDC_NIER_170907.zip)
- 인텔 비주얼 포트란 실행
- New project 클릭



- Console Application – Empty Project 선택

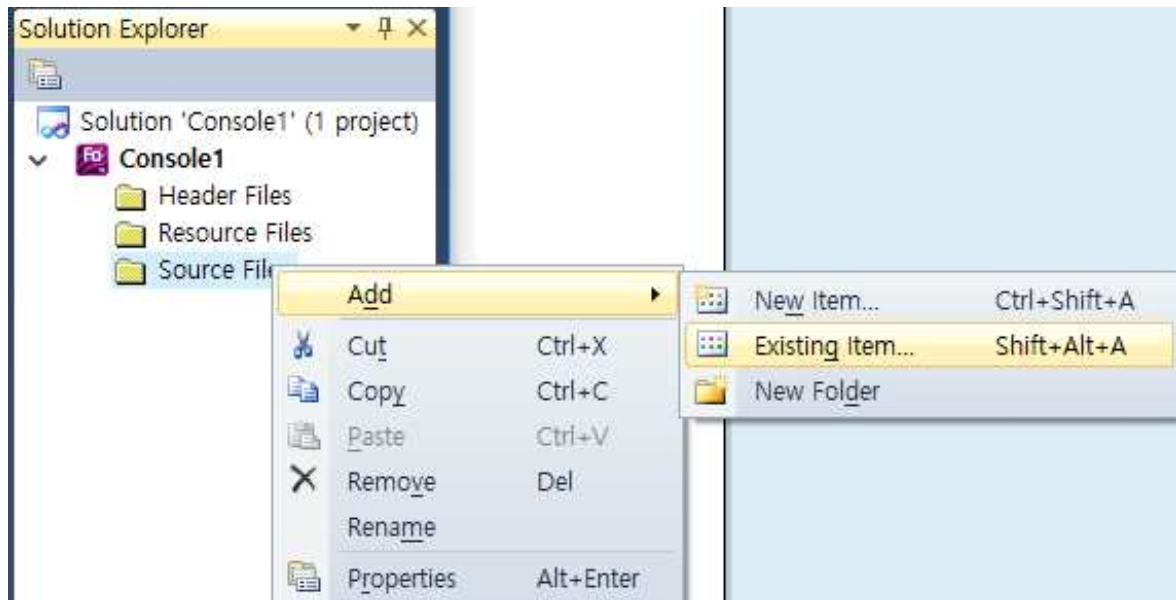
New Project



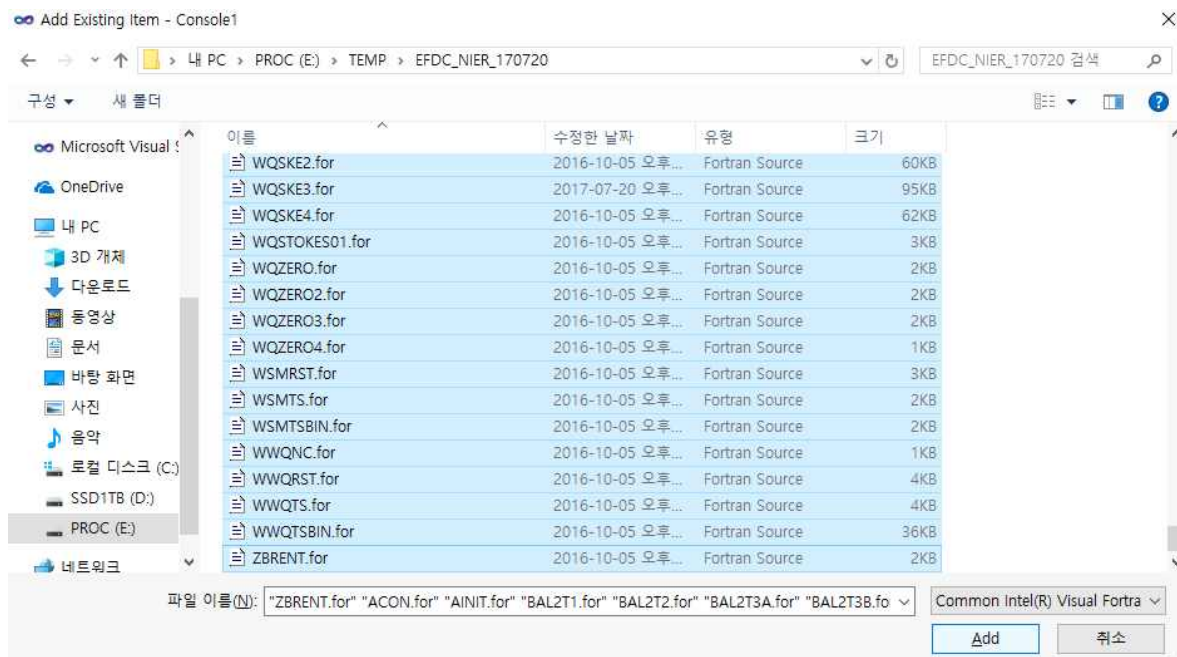
- 동일한 창의 하단부 Location에 소스코드 위치 지정 후 OK



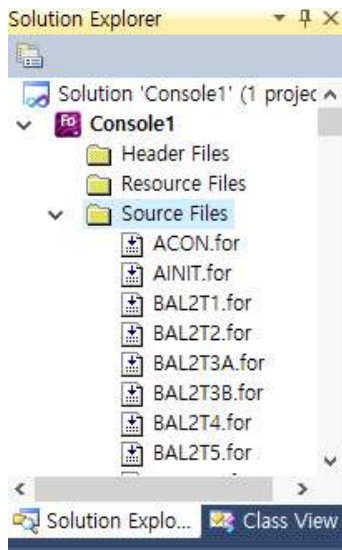
- 우측 Solution Explorer 박스의 'Source Files' 폴더에서 마우스 오른쪽 버튼 클릭 후 Add – Existing Item 선택



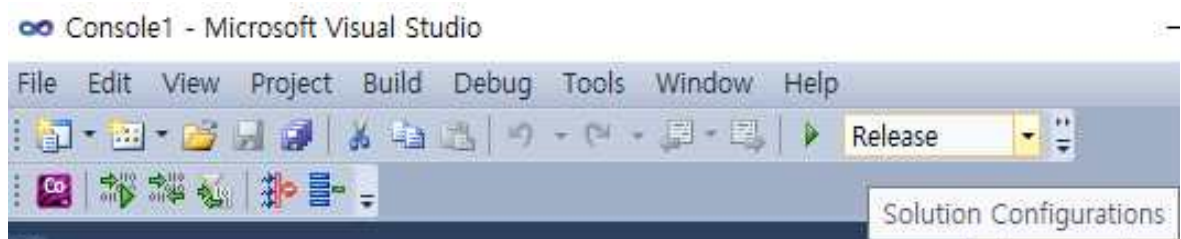
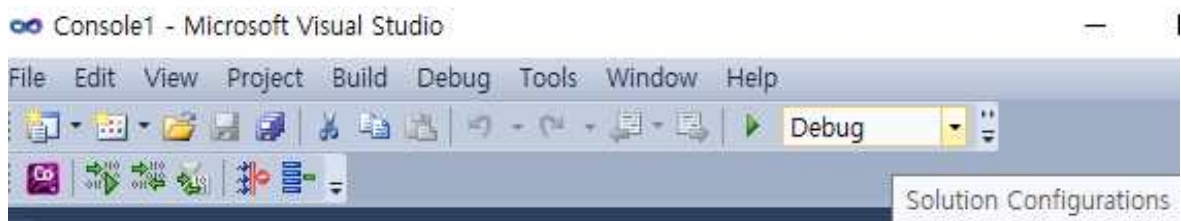
- 소스코드가 위치한 폴더로 이동 후 파일을 전부 선택한 후 Add 버튼 클릭



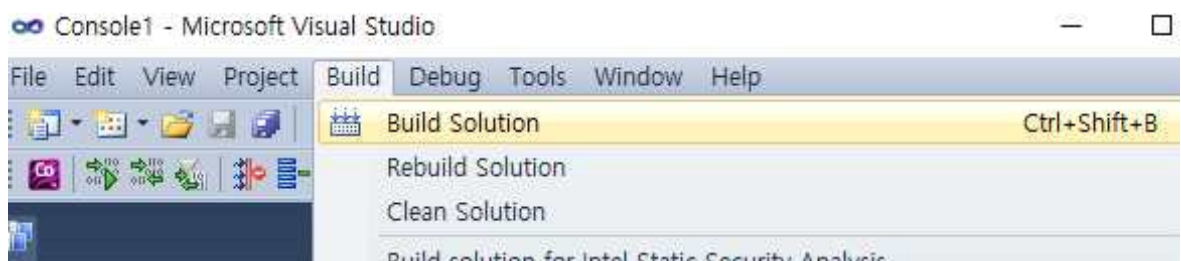
- 우측 Solution Explorer 박스의 'Source Files' 폴더에 파일 목록 생성 확인



- Debug 모드 컴파일 시 Solution configuration 리스트 박스에서 Debug 선택
- 일반 실행 모드 컴파일 시 Solution configuration 리스트 박스에서 Release 선택



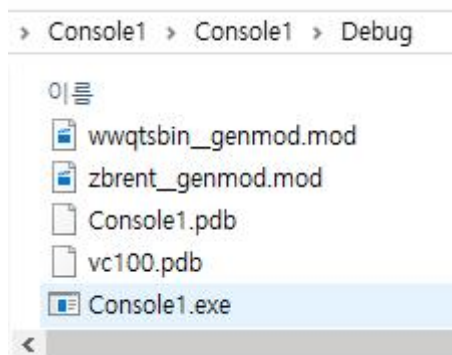
- 메뉴 Build – Build Solution 선택



- Output 창에 컴파일 완료 메시지 출력



- Console1\Debug (또는 Release) 폴더에 Console1.exe 생성



2.2.2 리눅스 환경 컴파일 방법

- 소스코드 업로드 (EFDC_NIER_170907.zip)
- 하위 디렉토리 생성 후 압축해제

```
mkdir EFDC_NIER_170907  
unzip EFDC_NIER_170907.zip -d ./EFDC_NIER_170907
```

- 소스코드가 있는 디렉토리로 이동

```
cd EFDC_NIER_170907
```

- make 실행

```
make
```

- 컴파일 완료 후 실행 파일 확인

```
jgcho@R6-02:~/COMPILE/EFDCDS/EFDC_NIER_170720> ls *.x  
EFDC_NIER_170720.x
```

- 컴파일한 실행파일은 대부분 계열의 리눅스(openSUSE, Ubuntu, Cent OS 등)에서 실행 가능

2.3 EFDC-NIER의 Debug 모드, 일반 실행 모드

EFDC-NIER 모델의 실행파일은 디버그와 일반 실행 모드 두 가지로 제공된다.

- 디버그 모드 (debug)
 - 실행파일에 디버그 정보가 삽입되어 프로그램 수행 상태 확인 가능
 - 디버그 정보를 계속 확인하기 때문에 실행 속도가 느림
 - 따라서 코드 수정시 디버깅 작업을 할 경우, 또는 새롭게 모델을 구성하고 에러를 점검할 경우에만 사용
- 일반 실행 모드
 - 코드를 최적화하여 실행 파일 구성
 - 실행 속도가 빠르며, 일반적인 모델 구동시 활용

모델 입력자료를 새로 구성하거나 변경하였을 경우 디버그 모드로 수행할 것을 권장한다. 만약 모델 입력자료에 오류가 있을 경우 EFDC-NIER 실행시 입력 오류를 감지하여 메시지를 출력하나, 이는 입력자료의 형식이 맞는지만 판단할 뿐이다.

<그림 2.3-1>은 모델 입력 형식은 올바르나 해당 입력값에 문제가 있는 경우 일반 실행 모드로 수행했을 때의 오류이다. 화면에 나타난 정보로는 어디에 오류의 원인이 있는지 알 수 없다.

```

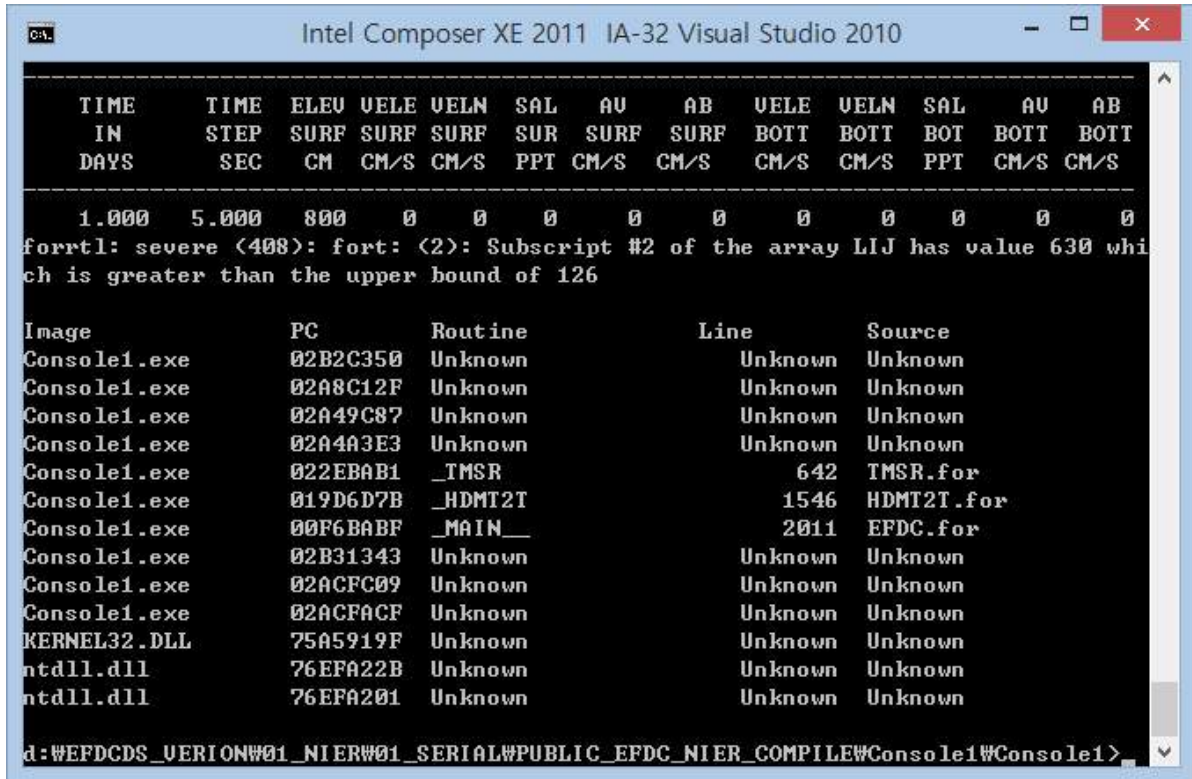
Intel Composer XE 2011 IA-32 Visual Studio 2010
READING THE MAIN EFDC CONTROL FILE: EFDC.INP
DEBUG OFF
READING CELL.INP
READING CELLLT.INP
READING DXDY.INP
READING PSER.INP
NSNAPSHOTS=      143

  TIME    TIME    ELEU VELE VELN  SAL  AU  AB  VELE  VELN  SAL  AU  AB
  IN      STEP  SURF SURF SURF  SUR  SURF SURF  BOTT  BOTT BOT  BOTT BOTT
  DAYS    SEC   CM  CM/S CM/S  PPT  CM/S CM/S  CM/S  CM/S PPT  CM/S CM/S

  1.000    5.000    800    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
forrtl: severe (157): Program Exception - access violation
Image           PC          Routine          Line        Source
Console1_R.exe  007A292C  Unknown          Unknown      Unknown
Console1_R.exe  005CF4BC  Unknown          Unknown      Unknown
Console1_R.exe  00349DE8  Unknown          Unknown      Unknown
Console1_R.exe  00A15E83  Unknown          Unknown      Unknown
Console1_R.exe  009E7445  Unknown          Unknown      Unknown
KERNEL32.DLL   75A5919F  Unknown          Unknown      Unknown
ntdll.dll      76EFA22B  Unknown          Unknown      Unknown
ntdll.dll      76EFA201  Unknown          Unknown      Unknown
d:\WEFDCDS_URION\01_NIER\01_SERIAL\PUBLIC_EFDC_NIER_COMPILE\Console1\Console1>
  
```

<그림 2.3-1> 일반 실행 모드 수행 시 오류발생 화면 예시

<그림 2.3-2>는 디버그 모드로 수행했을 때의 오류이다. 배열 *LIJ*가 값 630을 갖고, 이는 최대 한계 126보다 크다는 오류를 출력하였다. 그리고 하단부에 서브루틴명, 소스코드의 line 위치, 소스코드명이 출력된다.



<그림 2.3-2> Debug 모드 수행 시 오류발생 화면 예시

위 오류는 시계열을 출력하는 격자의 번호가 비활성 격자에 잘못 지정되었을 경우 나타난다.

C87 ILTS JLTS NT 3 630

EFDC.INP의 C87 ILTS, JLTS에서 지정한 격자 번호가 모델 영역 내의 격자번호보다 크기 때문에 오류가 발생하였다. 오류 메시지에서 언급한 630이라는 수가 원인이므로 이를 모델 영역내의 활성격자 정보로 변경하면 오류가 해결된다.

이 외에도 입력자료에 다양한 실수가 존재할 수 있으므로 디버깅 모드로 약 1~2일 모의를 수행하여 정상작동 여부를 확인 한 후 일반 실행 모드로 수행할 것을 권장한다.

3. EFDC-NIER 개선내용

3.1 모의 기간 및 모의 시간 간격 지정

EFDC 모델 수행 시 모의 기간과 모의 시간 간격을 지정하기 위해 master input 파일인 EFDC.INP를 설정한다. 시간과 관련된 설정은 EFDC.INP card image 7과 8의 변수를 사용한다. 모의 기간과 모의 시간 간격을 지정하기 위해서는 다양한 변수의 관계를 이용해야 하며 다음의 순서로 지정한다.

- TREF (sec) : 기준주기 길이, 86400으로 지정 (86400초 = 1일)
- NTC (-) : 기준주기 반복 회수, 모의 기간 지정
(365는 86400초는 365회 반복한다는 의미로 1년 모의를 의미함)
- NTSPTC (-) : 기준주기 당 모의횟수, 계산 시간간격 Δt (sec) 결정
($\Delta t = TREF/NTSPTC$)

EFDC는 모의 기간을 설정하기 위해 여러 변수와의 관계를 고려하며 지정해야하는 불편함이 따르기 때문에 EFDC-NIER에서 모의 시작시간과 끝 시간을 '연 월 일 시 분'으로, 계산 시간 간격을 '초' 형태로 입력하도록 개선하였다. 해당 내용은 '4.1 모의 기간 및 모의 시간 간격 지정' 부분에 자세히 명시하였다.

3.2 보 기능

국내 주요 하천은 16개의 다기능 보가 건설되어 있다. 국내 하천의 수리현상을 수치 모델링으로 재현할 경우 보 구조물을 고려하는 것은 필수적이다. 보 모듈은 2010년에 개발되었으며(국립환경과학원, 2010), 지속적으로 개선되어왔다. 개발된 보 모듈은 한국수자원공사에서 제공하는 '다기능 보 수문 자료'를 이용한 검정을 수행하여 적용성을 평가했다(국립환경과학원, 2014).

3.2.1 가동보

가동보 운영시 상·하류 수위차에 의한 흐름을 완전월류, 수중웨어, 완전오리피스, 수중오리피스로 구분하여 각각의 흐름별 유량을 계산한다(<표 3.2.1-1>과 <표 3.2.1-2>). 유량계산 공식에 사용되는 계수의 범위는 선행연구를 참조하여 0.6~0.9의 범위로 적용할 수 있으며(국립환경과학원, 2011), 이는 모델 보정을 통해 결정할 수 있다.

국내 주요 하천에 건설된 가동보는 형식에 따라 회전식, 승강식, 전도식으로 구분된다. 평상시에는 주로 가동보 상단을 월류하며, 유지관리시와 홍수시에 가동보를 운영한다(<표 3.2.1-3>). 따라서 가동보 미 운영시에는 보의 상단을 월류하는 고정보 상태와 같다. 그리고 가동보 운영시 유량은 보 개도에 따른 유량과, 보 상단을 월류하는 유량을 합산하여 계산할 수 있도록 보 모듈을 개발하였다.

3.2.2 고정보

고정보 상단을 월류하는 유량을 계산한다(<표 3.2.2-1>).

3.2.3 어도

다기능보의 어도 운영을 위해 보별 어도 유량을 입력하도록 적용하였다.

3.2.4 소수력발전소

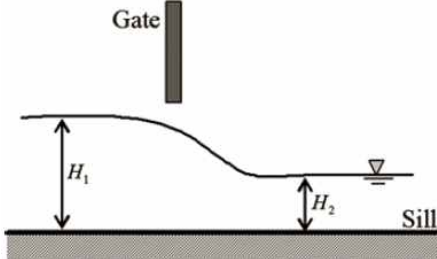
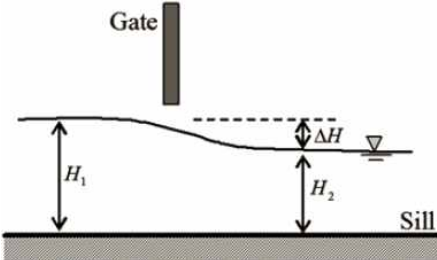
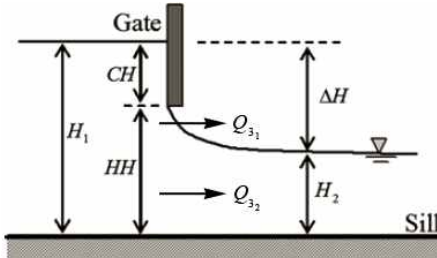
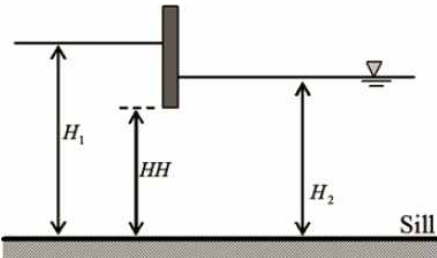
다기능보의 소수력 발전소 운영시 상류 수위에 따른 유량의 최소값과 최대값을 이용하여 소수력 발전유량을 계산하도록 적용하였다.

3.2.5 하구둑, 댐

금강, 영산강, 낙동강의 말단부에는 하구둑이 건설되어 있다. 하구둑은 해수 유입을 차단하여 하천을 담수로 유지시켜 농·공용수로 사용할 수 있게 하고, 자연재해 방지, 교통로 등 다양한 역할을 한다. 하구둑을 고려할 경우 해측 조위를 미리 정의하여 하구둑 방류 조건으로 활용한다.

모의영역의 하류경계가 댐인 경우에도 활용 가능하다. 하구둑이나 하천 댐의 경우 하류에 격자를 정의하지 않고, 하류측의 수위 조건을 입력하여 방류 조건으로 적용할 수도 있다.

<표 3.2.1-1> 수리구조물을 통한 흐름상태와 유통량 산정

흐름상태	상·하류 수위조건 모식도	유량공식
완전월류 ($\Delta H \geq \frac{H_1}{3}$)		$Q_1 = 1.704 \cdot CG3 \cdot BH_1^{\frac{3}{2}}$ [식 3.2-1]
수중웨어 ($\Delta H < \frac{H_1}{3}$)		$Q_2 = CG4 \cdot (H_1 - \Delta H) B \sqrt{2g\Delta H}$ [식 3.2-2]
완전 오리피스		$Q_{31} = CG5 \cdot (HH - H_2) B \sqrt{2g(\Delta H - CH)}$ $Q_{32} = CG5 \cdot (H_1 - \Delta H) B \sqrt{2g\Delta H}$ $Q_3 = Q_{31} + Q_{32}$ [식 3.2-3]
수중 오리피스		$Q_4 = CG6 \cdot HH \cdot B \sqrt{2g(H_1 - H_2)}$ [식 3.2-4]

여기서, Q : 유량 (m^3/s)

$CG3, CG4, CG5, CG6$: 유량계수 (-)

H_1 : 가동보 하단표고에서 상류측 수위면까지 높이 (m)

H_2 : 가동보 하단표고에서 하류측 수위면까지 높이 (m)

ΔH : 수두차 (m)

HH : 가동보 하단표고에서 수문 하단부까지 높이 (m)

CH : 수문 하단부에서 상류측 수위면까지 높이 (m)

B : 수문 폭 (m)

g : 중력가속도 (m/s^2)

<표 3.2.1-2> 수리구조물을 통한 흐름상태와 유통량 산정

조건	내·외수위조건 모식도	유량공식
$Sill \geq H_d$ (상류측 하단표고 $\geq$ 하류수위)		$Q = CG7 \cdot HH \cdot B \sqrt{2g \left(H_1 - \frac{HH}{2} \right)}$ [식 3.2-5]

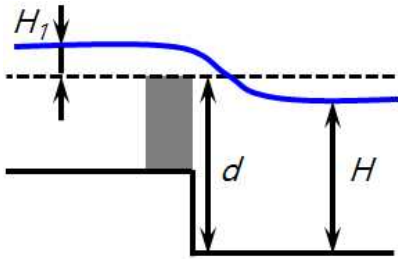
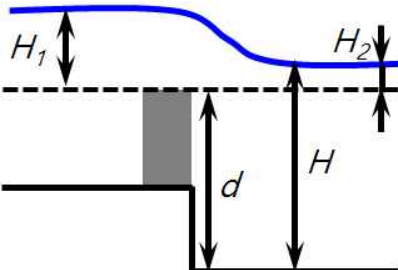
여기서, H_d : 하류측 수위 (m)

$CG7$: 유량계수 (-).

<표 3.2.5-3> 주요 하천 가동보의 형식별 작동 모식도

형식	평상시	유지관리시	홍수시
회전식			
승강식			
전도식			

<표 3.2.2-1> 고정보 흐름상태 예시와 유량공식 및 유량계수

수위 조건	상·하류 수위조건 모식도	유량 공식
$H < d$		$Q = C \cdot B \cdot H_1 \sqrt{2gH_1}$ [식 3.2-6]
$H \geq d$		$Q = C' \cdot B \cdot H_2 \sqrt{2g(H_1 - H_2)}$ $(C' = 2.6 \cdot C)$ [식 3.2-7]

여기서, H : 하류측 하단표고에서 하류측 수위면까지 높이 (m)
 d : 하류측 하단표고에서 고정보 상단표고까지 높이 (m)
 H_1 : 고정보 상단표고에서 상류측 수위면까지 높이 (m)
 H_2 : 고정보 상단표고에서 하류측 수위면까지 높이 (m)
 C : 유량계수 (-)[※].

※ 고정보의 유량계수 적용 방법은 '4.2.1'절에 후술하였다.

3.3 조류 관련 기능

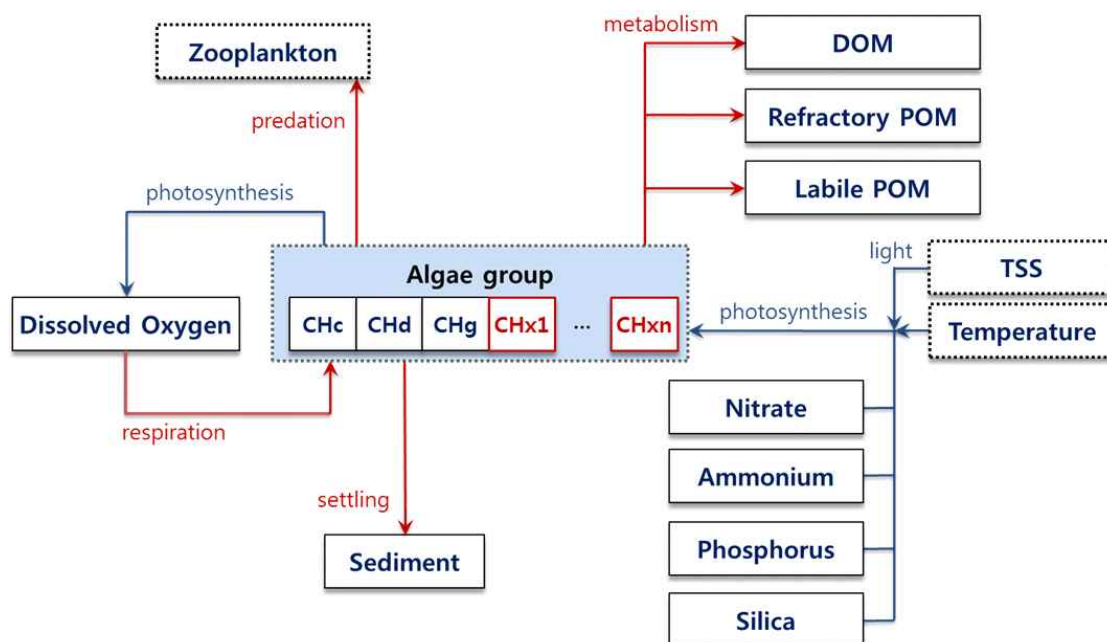
3.3.1 조류 상태변수 확장

EFDC 모델은 조류를 3개 군집(남조류, 규조류, 녹조류)으로 구분하여 모의할 수 있으나, 동일 군집 내에도 발생 및 거동 특성이 상이한 조류 그룹들이 혼재되어 있어 특정 조류의 급격한 발생과 복잡한 종 천이를 재현하는데 한계가 있을 수 있다. 따라서, 조류 예측 재현성을 높이기 위하여 조류 상태변수를 확장하였다.

확장된 조류(다중 조류 종)에 대한 반응식은 기존 EFDC의 조류 3개 종 반응식과 동일하다. 다중 조류 종 반응 모식도를 <그림 3.3.1-1>에 제시하였으며, 조류-수질변수의 반응기작을 <표 3.3.1-1>에 요약하였다.

$$\frac{\partial B_x}{\partial t} = (P_x - BM_x - PR_x) B_x + \frac{\partial}{\partial z} (WS_x \cdot B_x) + \frac{WB_x}{V} \quad [\text{식 3.3-1}]$$

여기서, B_x : 조류 종별 생체량 (gC/m^3)
 t : 시간 (day)
 P_x : 조류 종별 성장율 (day^{-1})
 BM_x : 조류 종별 대사율 (day^{-1})
 PR_x : 조류 종별 포식율 (day^{-1})
 WS_x : 조류 종별 침강속도 (day^{-1})
 WB_x : 조류 종별 외부유입량 (gC/day)
 V : 격자 부피 (m^3)



<그림 3.3.1-1> 다중 조류 종 반응 모식도

<표 3.3.1-1> 조류-수질변수의 반응기작

항목	반응 기작
Algal group	+ algal growth affected by nutrient, light, T - basal metabolism affected by T - algal predation affected by T ± settling or buoyancy processes depending on cell density
POC	+ algal predation - dissolution to DOC affected by algal biomass and T ± settling
DOC	+ algal excretion and predation affected by DO + dissolution from RPOC and LPOC affected by algal biomass and T - heterotrophic respiration of DOC affected by algal biomass, T and DO - denitrification affected by algal biomass, T, DO and NO₂₃
PON	+ algal basal metabolism and predation - dissolution to DON affected by algal biomass and T ± settling
DON	+ algal basal metabolism and predation + dissolution from RPON and LPON affected by algal biomass and T - mineralization to NH₄ affected by algal biomass and T
NH ₄	+ algal basal metabolism and predation - algal uptake + mineralization from DON affected by algal biomass and T - nitrification to NO₂₃ affected by DO and T ± sediment-water exchange of NH₄
NO ₃	- algal uptake + nitrification from NH₄ affected by DO and T - denitrification to N₂ gas affected by algal biomass, T, DO and DOC ± sediment-water exchange of NO₂₃
POP	+ algal basal metabolism and predation - dissolution to DOP affected by algal biomass and T ± settling
DOP	+ algal basal metabolism and predation + dissolution from RPOP and LPOP affected by algal biomass and T - mineralization to PO_{4d} affected by algal biomass and T
PO _{4t}	+ algal basal metabolism and predation - algal uptake + mineralization from DOP affected by algal biomass and T ± settling of PO_{4p} ± sediment-water exchange of PO_{4d} : model sorption-desorption of PO₄ using equilibrium partitioning
SU	+ algal basal metabolism and predation - dissolution to available silica - settling
SA	+ diatom basal metabolism and predation - diatom uptake - settling of sorbed (particulate) available silica + dissolution from particulate biogenic silica ± sediment-water exchange of dissolved silica for the bottom layer only
DO	+ algal photosynthesis - algal respiration - nitrification - heterotrophic respiration of dissolved organic carbon - oxidation of chemical oxygen demand + surface reaeration for the surface layer only - sediment oxygen demand for the bottom layer only

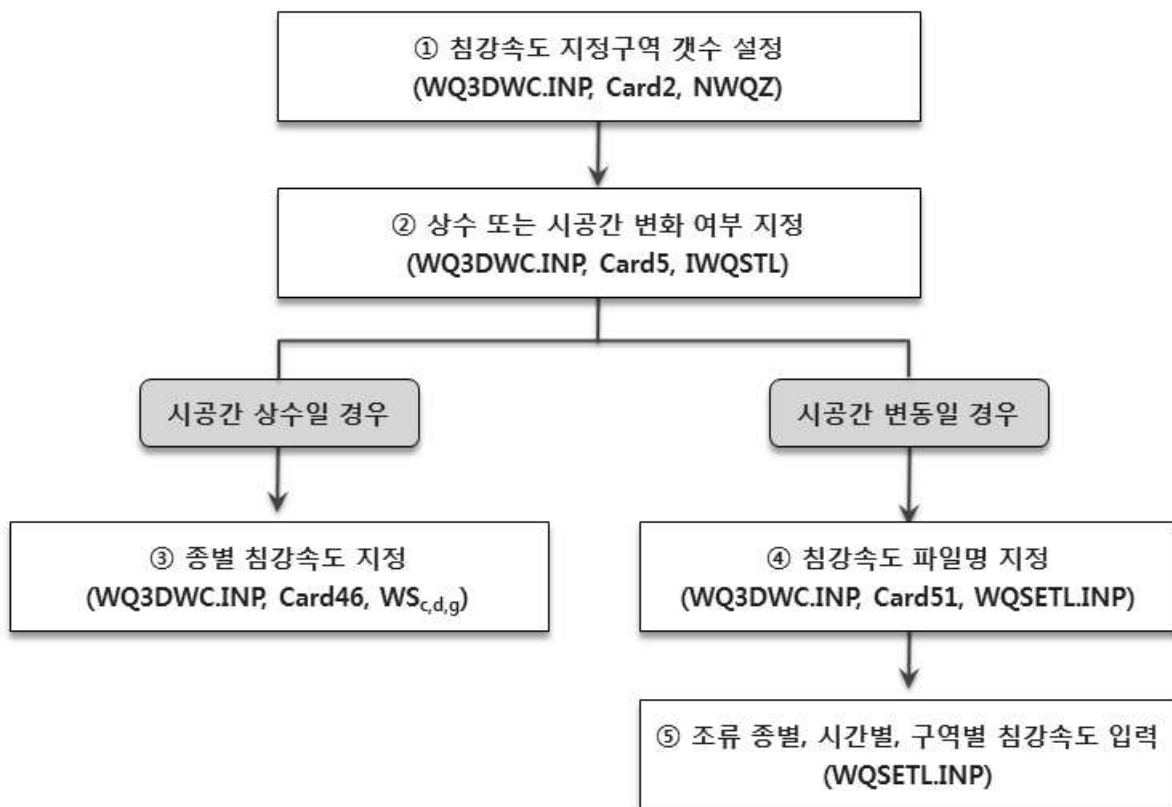
※ 붉은색은 조류와 연관된 항목

3.3.2 남조류 수직 이동 기작

남조류는 세포 내 기낭으로 부력을 조절함으로써 수직이동을 할 수 있다. 남조류 수직 이동 특성은 조류 형태 및 크기, 광합성, 수온 등 조건에 의하여 변화하며 시공간적 분포특성이 복잡하다. 이러한 남조류의 변동특성을 재현하기 위해서 수직이동 특성을 반영할 수 있도록 모델을 개선하였다.

(1) 기존 기능

EFDC는 종별, 시간별, 구역별로 다른 침강속도를 지정할 수는 있으나 주변 환경조건 또는 조류의 생리적 변화를 반영하여 침강속도를 조절할 수 없으며, 조류 종별, 시간별, 구역별 침강속도를 <그림 3.3.2-1>과 같이 강제로 지정한다.



<그림 3.3.2-1> 기존 EFDC의 조류 침강속도 기존 기능

(2) 개선 내용

남조류 수직이동 속도는 조류밀도에 의해 정해지는 부력의 변화로 결정된다. 조류밀도는 생체내 탄수화물과 단백질 비로 결정되며 탄수화물은 광합성에 의해 생성된다(Howard,

2001; Visser et al., 1997; Wallace and Hamilton, 2000; 오광철 등, 1995). 따라서 남조류 수직이동 속도를 산정하기 위해서는 조류 생체내 탄수화물과 단백질 비 정보가 필요하다. 그러나 기존 EFDC는 조류 성장을 광합성으로 계산하지 않고 최대 성장율에 광, 수온, 영양염 제한을 고려하여 산정하기 때문에 생체내 탄수화물과 단백질 비 정보를 제공하지 않는다. 따라서, 이 정보를 직접 활용하지 않고 광량과 조류밀도 간의 경험적 관계(Kromkamp and Walsby, 1990)를 활용하여 부력과 수직이동 속도를 계산하였다. 이를 위해서 다음과 같은 정보들을 활용하였다.

- ① 광량변화에 의한 광합성 및 세포내 탄수화물 함량 변화
- ② 밀도 변화 → 부력 변화
- ③ Stoke's velocity

Kromkamp and Walsby (1990)는 배양실험 결과로 부터 남조류의 일주기 부력변동과 수직이동을 모의하는 모델을 개발하였다. 이 모델은 남조류 밀도와 수직이동 속도를 표현하는 기존의 일반적인 식들과 유사한 형태이며, CAEDYM 모델에도 적용된 바 있다.

남조류 생체밀도 변동

$$\frac{d\rho}{dt} = c_1 \left[\frac{I}{(K_I + I)} \right] - c_3 \quad (\text{when } I > 0) \quad [\text{식 3.3-2}]$$

$$\frac{d\rho}{dt} = -c_2 I_a - c_3 \quad (\text{when } I = 0) \quad [\text{식 3.3-3}]$$

$$\rho_2 = \rho_1 + dt c_1 \left[\frac{\bar{I}_z}{(K_I + \bar{I}_z)} \right] - c_2 I_a - c_3 \quad [\text{식 3.3-4}]$$

여기서,

- I : irradiance [$\mu\text{mol}/m^2/s$]
 K_I : half saturation irradiance [$\mu\text{mol}/m^2/s$]
 ρ_1 : density of algae group for previous step [kg/m^3]
 ρ_2 : density of algae group for new step [kg/m^3]
 c_1 : rate constant of density increase [$\text{kg}/m^3/\text{min}$]
 c_2 : rate constant of density decrease [$\text{kg}/m^3/\text{min}/(\mu\text{mol}/m^{-2}/s)$]
 c_3 : minimum rate of density decrease [$\text{kg}/m^3/\text{min}$]

수직이동 속도 산정

$$\nu = 2 g r^2 \frac{(\rho_c - \rho')A}{9 \phi n}, \quad n = 10 \frac{\exp\left[-1.65 + \frac{262}{T + 139}\right]}{1000} \quad [\text{식 3.3-5}]$$

여기서,

- g : acceleration due to gravity [m/s²]
 ρ_c : density of the algal colony [kg/m³]
 ρ' : density of water [kg/m³]
r : diameter of the algal colony [m]
n : viscosity of water [kg/m/s]
T : water temperature [°C]
 ϕ : coefficient of form resistance [-]
A : portion of cell volume relative to colony volume [-]

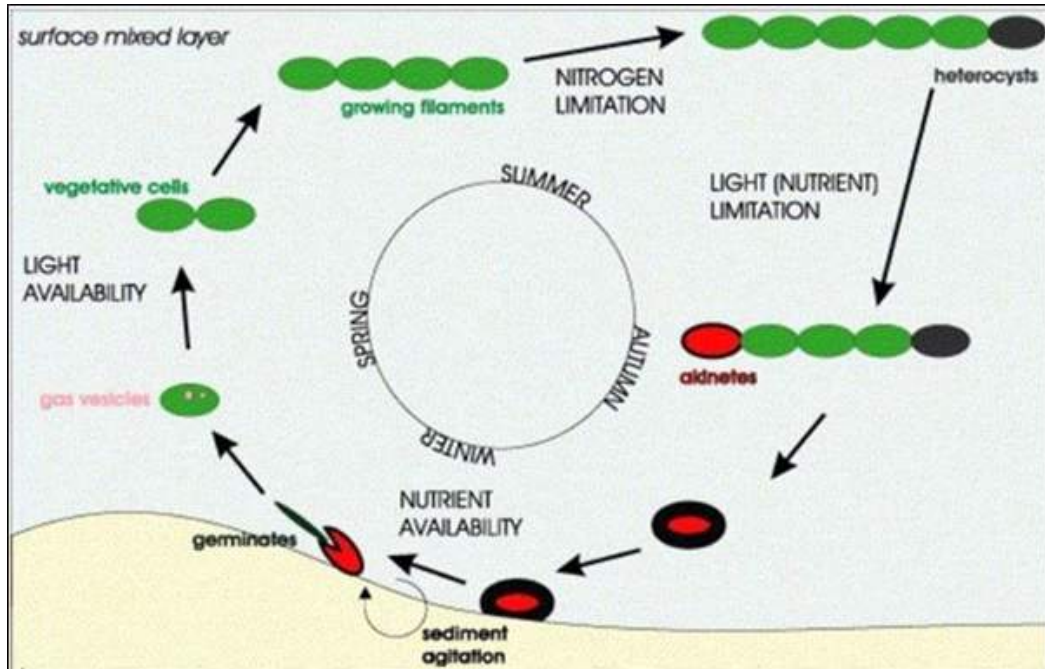
새로 개선된 기능과 기존 기능 중 하나를 선택하여 적용할 수 있도록 기존 기능도 삭제하지 않고 유지하였다 (<그림 3.3.2-2>). 남조류 수직이동 기작 적용 결과를 국립환경과학원 (2016)에 상세히 제시하였다.



<그림 3.3.2-2> 조류 종별 침강 및 남조류 수직 이동 모듈 모식도

3.3.3 휴면포자 발아기작

일부 남조류는 성장에 불리한 환경에서 포자를 형성하고, 성장에 유리한 조건에서 발아 (germination)하여 수체 내에서 증식한다 (Colins and Oliver, 1987, <그림 3.3.3-1>). 따라서 수체 내 남조류 초기 발생의 예측 정확도를 높이기 위하여 휴면포자의 발아기작을 모의할 수 있도록 모델을 개선하였다.



<그림 3.3.3-1> 남조류 (*Anabaena*)의 생활사 (Colins and Oliver, 1987)

(1) 기존 기능

EFDC 모델에는 남조류 휴면포자 생성 및 발아 기작이 반영되어 있지 않다.

(2) 개선 내용

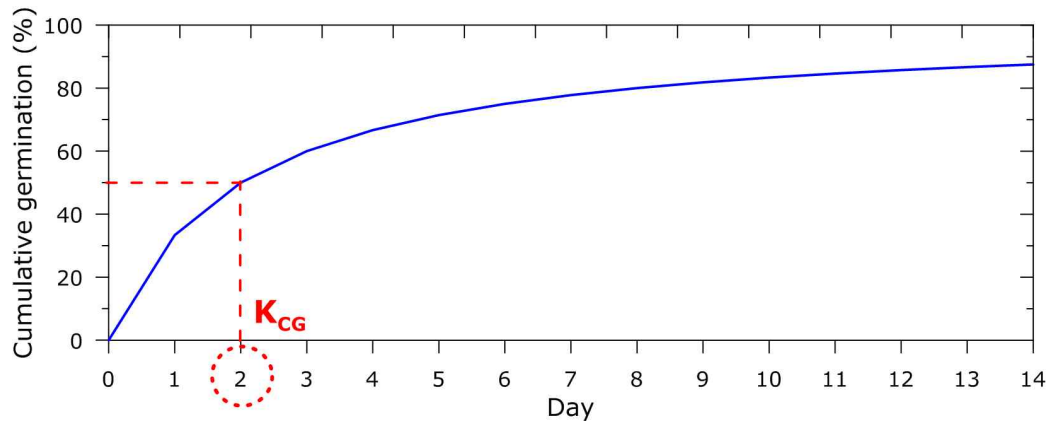
남조류의 휴면포자 발아기작은 기존 EFDC의 3개 조류 군집(남조류, 규조류, 녹조류)에 적용되지 않고 EFDC-NIER에 추가된 '3.2.1 조류 다중 종'을 대상으로 한다. 해당 종의 휴면포자가 발아할 경우 '3.2.2 남조류 수직 이동 기작'과 연계하여 부상속도와 침강속도가 계산된다.

휴면포자 발아조건 및 발아율

- 수온, 광, 영양염 조건이 만족할 경우 발아
- 발아조건 중 수온과 광은 사용자가 입력한 시간에 대한 평균값 적용
- 발아율은 누적발아율 개념을 이용한 Monod식 적용 (황순진, 2015) <그림 3.3.3-2>
- 발아조건, 총 발아세포수, 총 발아율, 반포화상수와 발아지속시간 입력
- 총 발아율은 초기 포자수 중 발아되는 총 포자수의 비율, 누적발아율은 초기부터 해당시점까지 발아되어 부상한 포자들의 비율
- 반포화상수와 발아지속시간을 조절하여 발아기간과 특성 조절

$$CG(\%) = \frac{day}{K_{CG} + day} \times \text{총 발아율} \quad [\text{식 3.3-6}]$$

여기서, CG : 누적발아율 (%)
 K_{CG} : 반포화 상수 (day)
 day : 시간 (day)



<그림 3.3.3-2> 누적발아율 시계열 예시

조류농도 환산

- 발아기작은 세포수 개념이므로 이를 모델에 적용하기 위하여 세포수를 생체량으로 환산
- 산정된 조류 생체량은 [식 3.3.1]에 더해짐
- Reynolds(2006)가 제시한 환산계수를 적용 <표 3.3.3-1>

<표 3.3.3-1> 조류농도 환산 계수 (Reynolds, 2006)

Species	Dry weight (pg cell ⁻¹)	Chla (pg cell ⁻¹)	Volume (μm ³ cell ⁻¹)
<i>Anabaena circinalis</i>	45	0.72	99
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	3.9	0.04	8.2
<i>Microcystis aeruginosa</i>	32	0.36	73
<i>Planktothrix mougeotii</i>	28,000	243	46,600

부상 및 침강속도

- '3.2.2 남조류 수직 이동 기작'과 연계하여 적용

3.3.4 조류 염분 및 담수 독성 영향 기작

남조류는 염분이 있는 환경에서 빠르게 사멸한다(Thomann et al., 1985). 기존 EFDC는 염분이 있는 환경에서 남조류의 성장률을 제한하며, 그 외 조류(규조류, 녹조류 등)는 염분 영향을 고려하지 않는다. 따라서 수체 내 모든 조류의 염분 및 담수 독성 영향을 모의할 수 있도록 모델을 개선하였다.

(1) 기존 기능

EFDC는 남조류의 성장 방정식에 염분독성항 도입하였다(Park et al., 2000; <그림 3.3.4-1>).

$$P_c = PM_c \cdot f_1(N) \cdot f_2(I) \cdot f_3(T) \cdot f_4(S)$$

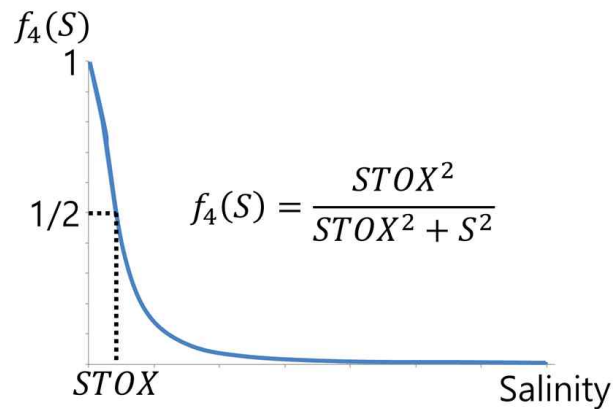
여기서, P_c : 남조류의 성장률 (day^{-1})
 PM_c : 남조류의 최적 조건하 최대 성장률 (day^{-1})
 $f_1(N)$: 영양염 농도 성장제한요인 ($0 \leq f_1 \leq 1$)
 $f_2(I)$: 광량 성장제한요인 ($0 \leq f_2 \leq 1$)
 $f_3(T)$: 수온 성장제한요인 ($0 \leq f_3 \leq 1$)
 $f_4(S)$: 남조류의 염분 성장제한요인 ($0 \leq f_4 \leq 1$)

염분이 있는 환경에서 남조류의 성장은 다음과 같이 표현된다.

$$f_4(S) = \frac{STOX^2}{STOX^2 + S^2}$$

여기서, $STOX$: 남조류 성장 영향이 1/2이 되는 염분 (psu)
 S : 수층 염분 (psu)

EFDC에서는 남조류에 제한적으로 염분 영향이 고려되었다. 따라서, EFDC에서 모의하는 규조류와 녹조류는 염분영향을 고려할 수 없다.

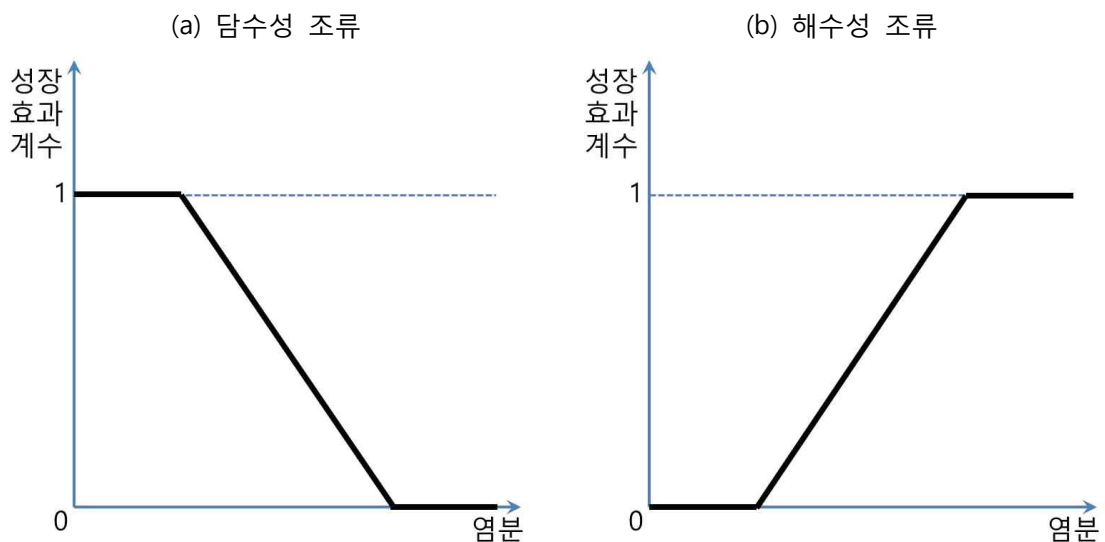


<그림 3.3.4-1> 염분에 의한 남조류의 성장제한요인

(2) 개선 내용

남조류의 염분에 대한 영향은 기존 기능을 적용하고, 남조류를 제외한 종(녹조류, 규조류 등)은 염분이나 담수에 의한 성장제한을 고려할 수 있도록 개선하였다.

<그림 3.3.4-2>에 염분이 담수성 조류와 해수성 조류의 성장제한계수에 미치는 영향을 도시하였다. 담수성 조류는 염분이 증가하면 성장제한요인이 감소하고, 해수성 조류는 염분이 증가하면 성장제한요인이 증가한다.



<그림 3.3.4-2> 염분과 조류 성장제한요인 관계

3.4 기타 기능

3.4.1 바람응력

(1) 기존 기능

EFDC에서 바람응력(τ)은 아래와 같은 풍속의 제곱과 바람응력계수(C_D)의 함수로 계산된다. 바람응력계수(C_D)는 풍속의 선형식(Wu, 1980)으로 표현되며 경험상수인 a , b 의 값이 각각 0.8과 0.065로 강제 지정되어 있다. 이 계수는 소스코드에 고정되어 있어 사용자가 변경할 수 없다.

$$\tau = \rho_a C_D U_w^2 \quad [\text{식 3.3-7}]$$

$$C_D = 10^{-3} \times (a + b U_w) \quad [\text{식 3.3-8}]$$

여기서, U_w : 지표면 10m 상 풍속 (m/s)
 τ : 바람응력 (N/m²)
 C_D : 바람응력계수 (-)
 ρ_a : 공기 밀도 (kg/m³)
 a, b : 경험 상수 (-)

(2) 개선 내용

최근 많은 모델들은 비선형 형태의 바람응력계수 산정식을 사용한다. 따라서 선형과 비선형 바람응력계수 산정식 중 하나를 사용자가 선택하고, 경험상수도 사용자가 변경할 수 있도록 모델을 개선하였다.

선형식

기존의 선형 바람응력계수 산정식(Wu, 1980)을 적용할 경우 강제적용 되던 경험상수 a , b 를 사용자가 직접 입력하여 변경할 수 있도록 하였다. 기존 EFDC에 강제 적용된 경험상수 a 와 b (0.8와 0.065)를 사용할 경우 기존에 제시된 상수들 중 비교적 큰 바람응력이 산정되며, 이 경우 바람의 영향이 과도하게 반영될 수 있다. 기존에 보고된 여러 경험상수를 적용하여 산정된 바람응력계수(C_D)를 <그림 3.4.1-1>, 바람응력(τ)을 <그림 3.4.1-2>에 제시하였다.

<표 3.4.1-1> 선형 바람응력계수 산정식(Wu, 1980)의 경험상수 a, b

출처	a	b	출처	a	b
Smith(1980)	0.61	0.063	Yelland and Taylor(1996)	0.60	0.070
Large and Pond(1981)	0.49	0.065	Yelland et al.(1997)	0.50	0.071
Anderson(1993)	0.49	0.071	Garratt(1977)	0.75	0.067
	0.59	0.065	Wu(1980)	0.80	0.065

비선형식

Foreman and Emeis (2010)은 바람응력계수가 기준 풍속 이하에서 상수로 동일하게 적용되고 그 이상 풍속에서는 비선형적으로 증가하는 바람응력계수 산정식을 제시하였다. <표 3.4.1-2>에 Foreman and Emeis (2010)의 바람응력계수 산정에 적용된 기존 경험상수 C_m , B를 제시하였고, 기존에 보고된 여러 경험상수를 적용하여 산정된 바람응력계수(C_D)를 <그림 3.4.1-3>, 바람응력(τ)을 <그림 3.4.1-4>에 제시하였다. 기존 연구들에서 제시된 두 경험상수 C_m , B는 $B = -8.638C_m + 0.298$ 의 관계가 있다 ($R^2 = 0.73$).

$$C_D = \frac{(U_w C_m + B)^2}{U_w^2} \quad (\text{for } U_w > U_{cw}) \quad [\text{식 3.3-9}]$$

$$C_D = \frac{(U_{cw} C_m + B)^2}{U_{cw}^2} \quad (\text{for } U_w \leq U_{cw}) \quad [\text{식 3.3-10}]$$

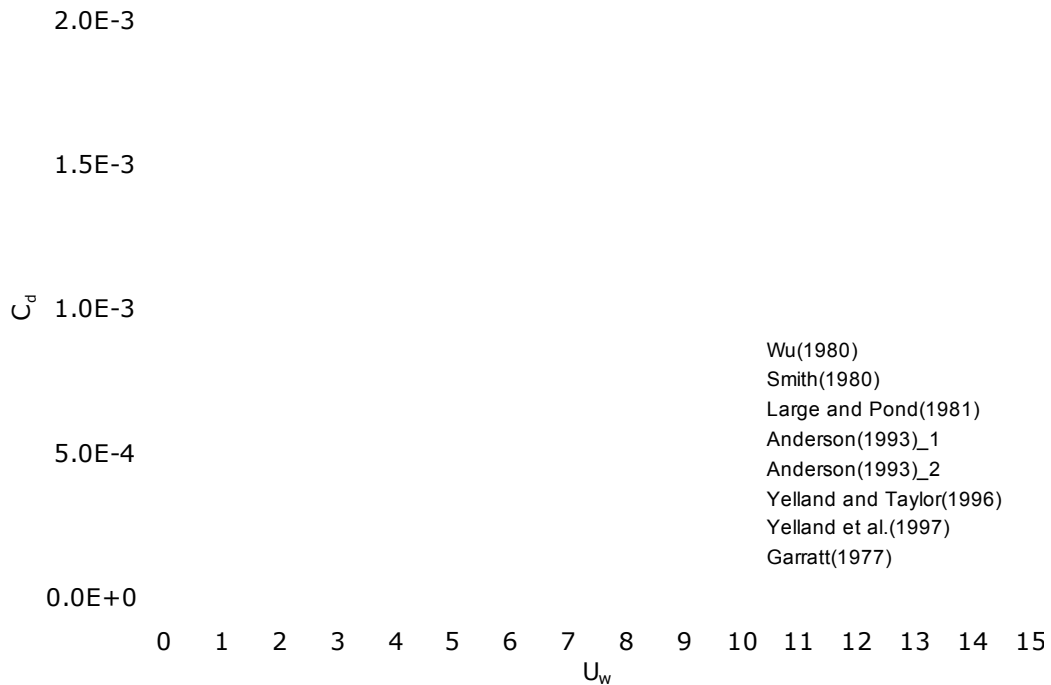
여기서, U_{cw} : 기준 풍속 (m/s)

C_m , B : 경험 상수 (-)

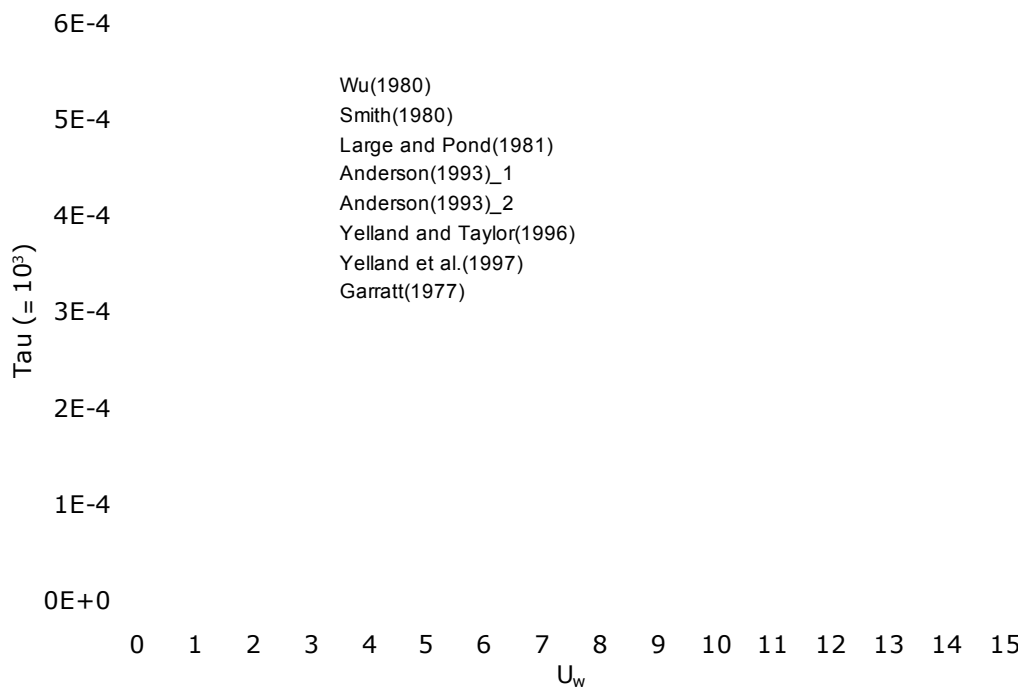
<표 3.4.1-2> 비선형 바람응력계수 산정식(Foreman and Emeis, 2010)의 경험상수 C_m , B

출처	C_m	B	출처	C_m	B
Large and Pond(1982)	0.048	-0.14	Large and Pond(1981)	0.049	-0.16
Banner et al.(1999)	0.052	-0.13	Dobson et al.(1994)	0.050	-0.13
Persson et al.(2005)	0.057	-0.18	Donelan et al.(1997)	0.061	-0.25
Black et al.(2007)	0.047	-0.12	Drennan et al.(1999a)	0.042	-0.06
Smith and Banke(1975)	0.053	-0.16	Smith(1980)	0.044	-0.06
Smith(1980)	0.055	-0.25	Geernaert et al.(1987)	0.058	-0.21
Anderson(1993)	0.050	-0.16	Drennan et al.(2003)	0.055	-0.20
Janssen(1997)	0.065	-0.27	Petersen and Renfrew(2009)	0.050	-0.06

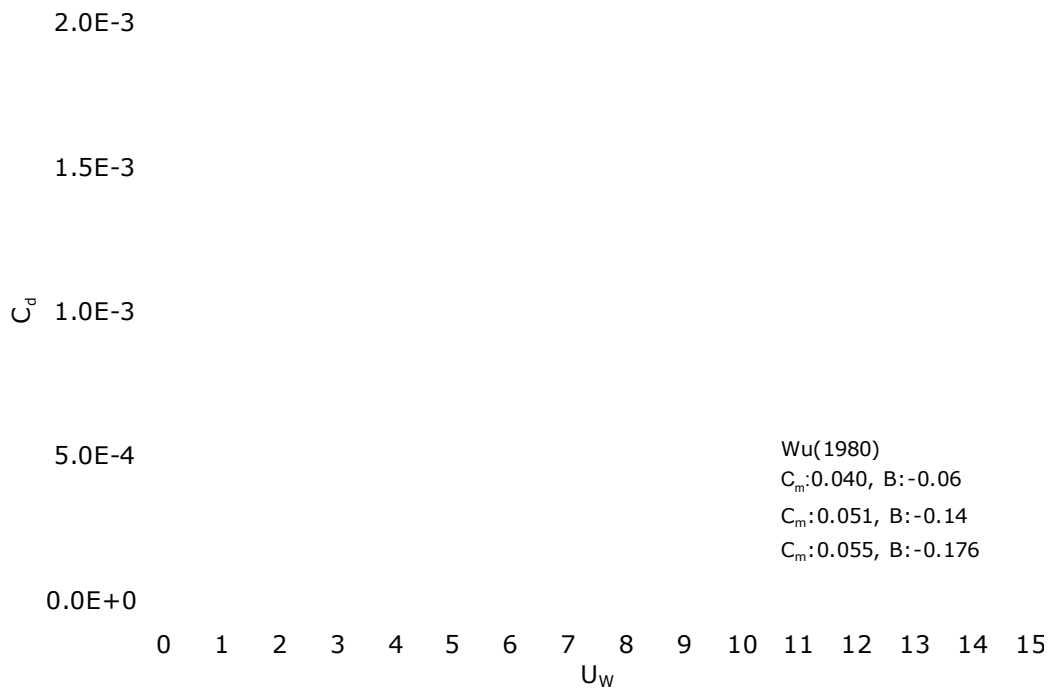
출처	C_m	B	출처	C_m	B
Johnson <i>et al.</i> (1998)	0.047	-0.10	Graf and Prost(1980)	0.040	-0.06
Bumke <i>et al.</i> (2002)	0.046	-0.10	Graf <i>et al.</i> (1984)	0.059	-0.14
Larsen <i>et al.</i> (2003)	0.049	-0.13	Drennan <i>et al.</i> (1999b)	0.051	-0.11



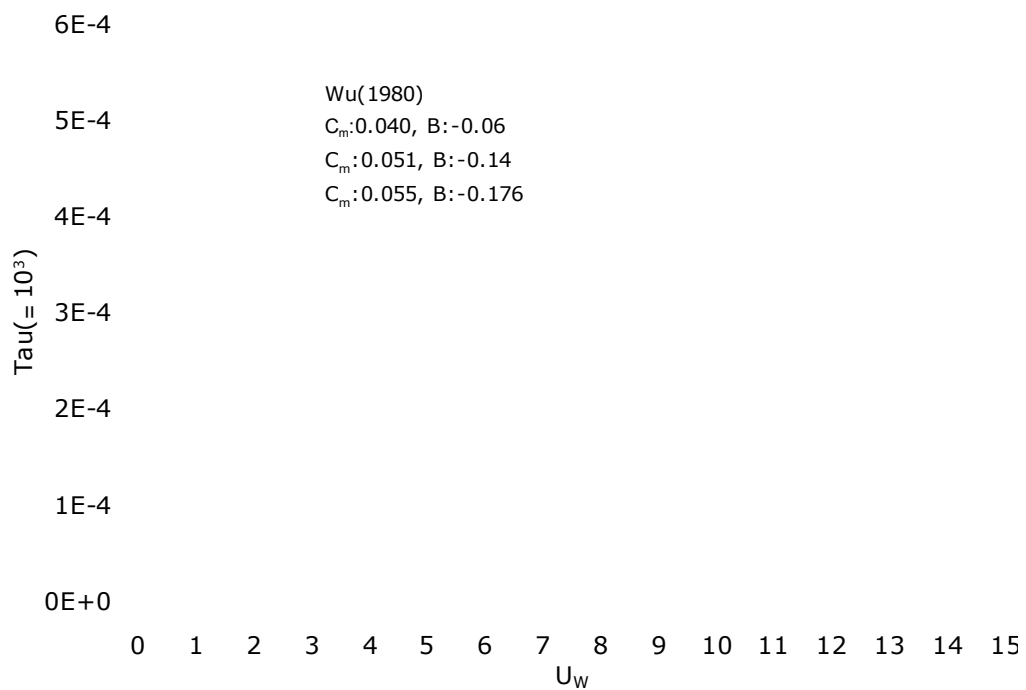
<그림 3.4.1-1> 선형 바람응력계수 경험상수 a, b와 풍속에 따른 바람응력계수의 변화



<그림 3.4.1-2> 선형 바람응력계수 경험상수 a, b와 풍속에 따른 바람응력의 변화



<그림 3.4.1-3> 비선형 바람응력계수 경험상수 C_m , B와 풍속에 따른 바람응력계수의 변화 (for $U_{cw}=4\text{m/s}$)



<그림 3.4.1-4> 비선형 바람응력계수 경험상수 C_m , B와 풍속에 따른 바람응력의 변화 (for $U_{cw}=4\text{m/s}$)

3.4.2 동계 결빙 영향

(1) 기존 기능

EFDC 모델은 동계 낮은 기온이 장기간 지속되는 경우 수표면 냉각에 의하여 표층에서 음의 수온이 계산되며(수온옵션(ISTOPT)=1일 경우) 기온이 상승하기 전까지 장기간 지속되는 문제가 있다. 이는 모델이 수표면 결빙시 대기-수층간 열교환 제한을 반영하지 못하기 때문이다. 따라서 동계 음의 수온 계산을 방지하기 위해 결빙에 의한 영향을 고려할 수 있도록 모델을 개선하였다.

(2) 개선 내용

기온이 영하일 경우 표층에서 대기로의 열 손실이 더 크기 때문에 모델에서 음의 수온이 계산된다. 따라서 기온이 영하일 경우 대기-수층간 열교환이 일어나지 않도록 수정하였다.

3.4.3 산화-환원 조건 변화에 따른 저층 영양염 용출 변동

(1) 기존 기능

기존 EFDC는 수층의 산화-환원 조건에 영향을 받지 않고, 사전에 미리 지정한 용출율과 SOD만을 고려할 수 있다. 따라서 수층에서 환원조건이 형성되었을 경우 나타나는 용출율 변화를 고려할 수 없다. 용출율과 수층의 산화-환원 조건은 서로 밀접하게 영향을 주므로 이를 고려할 필요가 있다.

기존 EFDC 모델은 영양염 용출 및 SOD 옵션을 공간적(용출 구역), 시간적(시간변화 고려)으로 구분하여 지정할 수 있다. <그림 3.4.3-1>

(2) 개선 내용

시·공간적 변화를 고려할 수 있는 기존 EFDC 용출 옵션에 용존산소 조건에 따라 호기성 또는 혐기성 환경에서 용출율을 다르게 적용할 수 있는 기능을 추가하였다. 산화-환원 환경 판단은 맨 아래층(k=1) 용존산소 임계농도를 기준으로 하며, 임계농도는 사용자가 별도로 지정한다. 용출율은 0차 반응속도 이고, 사용자는 호기성과 혐기성 환경에 대한 용출율을 각각 지정하여야 한다.



<그림 3.4.3-1> 저층 영양염류 용출 옵션

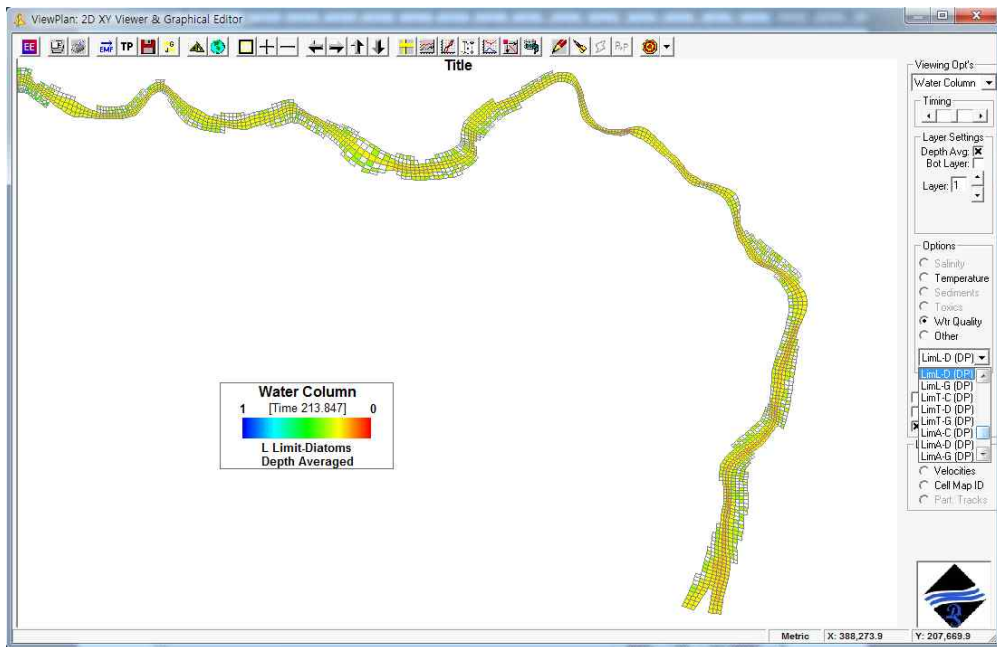
3.4.4 조류성장 제한인자 및 수질반응속도 출력

모델 결과 상세분석을 위해서는 수질상태변수 농도 외에 수질반응속도, 조류성장 제한인자 등의 시공간적인 변화 파악이 필요하므로 이를 출력하는 기능을 추가하였다.

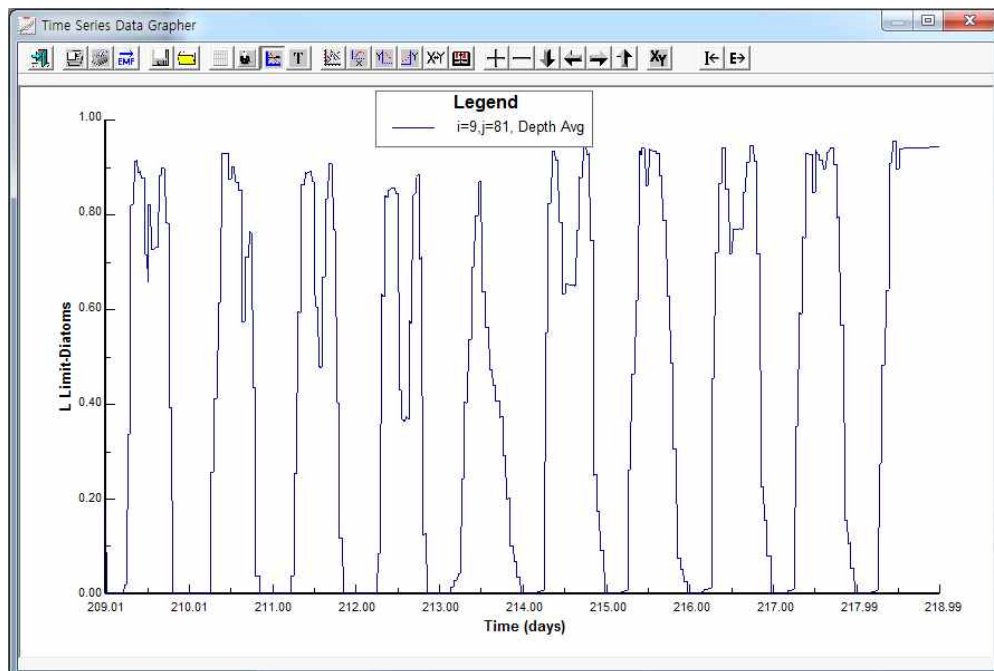
(1) 기존 기능

기존 EFDC 모델은 WQDOCOMP.BIN 파일에 DO 계산과 조류 성장 제한인자 정보를 기록한다. WQDOCOMP.BIN 파일을 생성하기 위해서는 WQ3DWC.INP의 Card06에서 isCOMP를 1로 지정한다.

WQDOCOMP.BIN 파일은 복잡한 형태의 BINARY 파일이기 때문에 EFDC Explorer를 이용하여 확인할 수 있다(<그림 3.4.4-1>, <그림 3.4.4-2>). 그러나 사용자가 별도의 분석을 수행하기 어려우며 이를 분석하기 위해서는 별도의 후처리 프로그램이 필요하다.



<그림 3.4.4-1> EFDC EXPLORER의 조류성장 제한인자 공간분포 출력 결과



<그림 3.4.4-2> EFDC EXPLORER의 조류성장 제한인자 시계열 출력 결과

(2) 개선 내용

기존 소스코드에서 WQDOCOMP.BIN 파일을 출력할 때 덮어쓰기(overwrite)가 되는 오류를 수정하였다. 조류성장 제한인자를 WQDOCOMP.BIN 파일에 출력하고, 생지화학적 반응속도를 WQRATE.BIN 파일에 출력하도록 소스코드를 수정하였다.

4. EFDC-NIER 입·출력파일 구조

4.1 모의 기간 및 모의 시간 간격 지정

EFDC 모델을 수행하기 위해 다양한 입력파일을 제어해야 한다. 모델 입력파일 중 master controller에 해당하는 파일은 EFDC.INP이며 시간과 관련된 사항도 EFDC.INP에서 설정한다(<그림 4.1-1>).

C7 TIME-RELATED INTEGER PARAMETERS											
* NTC: NUMBER OF REFERENCE TIME PERIODS IN RUN											
* NTSPTC: NUMBER OF TIME STEPS PER REFERENCE TIME PERIOD											
* NLTC: NUMBER OF LINEARIZED REFERENCE TIME PERIODS											
* NLTC: NUMBER OF TRANSITION REF TIME PERIODS TO FULLY NONLINEAR											
* NTCPP: NUMBER OF REFERENCE TIME PERIODS BETWEEN FULL PRINTED OUTPUT											
* TO FILE EFDC.OUT											
* NTSTBC: NUMBER OF TIME STEPS BETWEEN USING A TWO TIME LEVEL TRAPEZOIDAL											
* CORRECTION TIME STEP, ** MASS BALANCE PRINT INTERVAL **											
* NTCNB: NUMBER OF REFERENCE TIME PERIODS WITH NO BUOYANCY FORCING (not used)											
* NTCVB: NUMBER OF REF TIME PERIODS WITH VARIABLE BUOYANCY FORCING											
* NTSMMT: NUMBER OF NUMBER OF REF TIME TO AVERAGE OVER TO OBTAIN											
* RESIDUAL OR MEAN MASS TRANSPORT VARIABLES											
* NFLTMT: USE 1 (FOR RESEARCH PURPOSES)											
* NDRYSTP: MIN NO. OF TIME STEPS A CELL REMAINS DRY AFTER INTIAL DRYING											
* -NDRYSTP FOR ISDRY=-99 TO ACTIVATE WASTING WATER IN DRY CELLS											
C7	NTC	NTSPTC	NLTC	NTTC	NTCPP	NTSTBC	NTCNB	NTCVB	NTSMMT	NFLTMT	NDRYSTP
	365	86400	0	0	10	4	0	0	86400	1	16

C8 TIME-RELATED REAL PARAMETERS											
* TCON: CONVERSION MULTIPLIER TO CHANGE TBEGIN TO SECONDS											
* TBEGIN: TIME ORIGIN OF RUN											
* TREF: REFERENCE TIME PERIOD IN sec (i.e. 44714.16S OR 86400S)											
* CORIOLIS: CONSTANT CORIOLIS PARAMETER IN 1/sec =2*7.29E-5*SIN(LAT)											
* ISCORV: 1 TO READ VARIABLE CORIOLIS COEFFICIENT FROM LXLY.INP FILE											
* ISCCA: WRITE DIAGNOSTICS FOR MAX CORIOLIS-CURV ACCEL TO FILEEFDC.LOG											
* ISCFL: 1 WRITE DIAGNOSTICS OF MAX THEORETICAL TIME STEP TO CFL.OUT											
* GT 1 TIME STEP ONLY AT INTERVAL ISCFL FOR ENTIRE RUN											
* ISCFLM: 1 TO MAP LOCATIONS OF MAX TIME STEPS OVER ENTIRE RUN											
* DTSSFAC: DYNAMIC TIME STEPPING IF 0.0.LT.DTSSFAC.LT.1.0											
*											
C8	TCON	TBEGIN	TREF	CORIOLIS	ISCORV	ISCCA	ISCFL	ISCFLM	DTSSFAC		
	86400	1	86400	8.514E-05	0	0	1	0	0		

<그림 4.1-1> EFDC의 모의 시간 설정 (EFDC.INP, C7, C7)

4.1.1 기존 EFDC의 시간 설정

모의 기간과 모의 시간 간격은 EFDC.INP card image 7의 NTC, NTSPTC와 card image 8의 TBEGIN, TREF를 이용하여 설정한다.

- TREF : 초 단위의 기준 주기를 입력한다. 일반적으로 1일에 해당하는 86400초를 입력한다.

- NTC : TREF 주기를 NTC 만큼 반복한다. NTC=1이면 1일 모의, NTC=30이면 30일을 모의한다.
- NTSPCT : 기준 주기를 계산하는 횟수를 입력한다. NTSPCT=1440이면 TREF/NTSPCT로 60이므로 $\Delta t=60$ 초이다. 따라서 NTSPCT가 Δt 를 결정한다.
- TBEGIN : 일단위의 모의 시작 시점을 정의한다. TBEGIN=1이면 1일부터 모의를 시작한다.

이와 같이 기존의 EFDC는 모의 기간과 모의 시간 간격을 설정하는 부분이 복잡하다. EFDC-NIER는 복잡한 시간 설정을 EVENT_TOX2.INP에서 간단하게 설정할 수 있도록 시간설정 모듈을 개발하였다. 따라서 EFDC-NIER에서는 EFDC.INP의 card image 7과 8 시간설정 변수는 사용하지 않는다.

4.1.2 시간 설정 모듈 개발

모의시간 설정을 편리하게하기 위한 모듈을 개발하였다. 시간설정을 위하여 신규 입력파일 EVENT_TOX2.INP를 추가하였다. EVENT_TOX2.INP는 시간 설정뿐만 아니라 독성 물질 유출사고 모의에도 사용된다. 여기서는 모의 시작 시간, 모의 기간, 모의 시간 간격 설정 방법을 설명한다.

시간 설정 모듈은 입력 파일 EVENT_TOX2.INP의 가장 상단 세 줄에서 구성한다. 순서대로 모델 시작일, 종료일, 계산 시간 간격을 입력한다. 입력 항목을 <표 4.1.2-1>에 제시하였다.

```
2013 01 01 00 00 !ISYEAR, ISMONTH, ISDATE, ISHR, ISMN ! MODEL START TIME
2013 12 31 00 00 !IEYEAR, IEMONTH, IEDATE, IEHR, IEMN ! MODEL END TIME :
5. !USERDT ! TIME INTERVAL
```

<그림 4.1.2-1> EVENT_TOX2.INP 구조

<표 4.1.2-1> EVENT_TOX2.INP 입력 항목

항목	단위	형식	내용
시작일	-	I	모의 시작 연 월 일 시 분
종료일	-	I	모의 종료 연 월 일 시 분
DT	sec.	R	계산 시간 간격

시작 및 종료 시간을 '연 월 일 시 분'으로 구성하여 의미를 직관적으로 판단할 수 있다. DT는 초단위의 계산 시간 간격을 입력한다.

EFDC-NIER은 모델 시작일의 year day를 계산한 후 DT와 종료일을 이용하여 모의

기간을 자동으로 설정한다.

여기서, EVENT_TOX2.INP의 시간 설정은 세 번째 줄 까지만 사용된다. 그러나 EVENT_TOX2.INP는 시간 설정 외에 오염사고 대응 시스템에서 사용하는 모듈이 추가되어 있다. 따라서 오염사고 대응 시스템 적용 모델이 아닌 경우 네 번째 줄 부터는 EFDC-NIER의 입력파일 설정 구조 유지를 위해 기본값을 그대로 유지해야한다.

```

2013 01 01 00 00 !ISYEAR, ISMONTH, ISDATE, ISHR, ISMN ! MODEL START TIME
2013 12 31 00 00 !IEYEAR, IEMONTH, IEDATE, IEHR, IEMN ! MODEL END TIME 2009 12 31 24 00
8. !USERDT ! TIME INTERVAL
00 !TXID0 ! TOXIC ID
137816.9 303176.0 !XTX, YTX ! ACCIDENT LOCATOPN
2008 5 2 09 00 !IEVYEAR, IEVMONTH, IEVDATE, IEVHR, IEVMN ! ACCIDENT TIME
1 !ITXPRD ! TOXIC RELEASE PERIOD [MIN]
20000. !TXMASS ! RELEASED TOXIX AMOUNT [KG]
10. !TXCHLA ! CHLA CONC. [UG/L] FOR TOXIC CALCULATION
6. !TXTEM ! WATER TEMPERATURE [DEGREE C] FOR TOXIC CALCULATION
30. !TXSSC ! SSC CONC. [MG/L] FOR TOXIC CALCULATION
0.1 !TXDOC ! DOC CONC. [MG/L] FOR TOXIC CALCULATION
100. !TXI ! IRADIATION [LY/DAY]
5. !TXWSPD ! WINDSPEED [M/S]
1 ! IAST(ASTRONOMICAL TIDE) : 0=none, 1=yes
126 !rLON : Longitude of Model domain center
-1. ! READ IF IAST.EQ.1

```

<그림 4.1.2-2> EVENT_TOX2.INP 파일 예시

4.2 보 기능

다기능보를 통한 유량 및 물질의 흐름을 모의하기 위하여 보 모듈을 개발하였다. 다기능보는 크게 가동보, 고정보, 소수력발전소, 어도로 구성되어 있다. 본 모듈은 각각의 구성요소를 수치모델에서 제어하기 위해 보의 제원, 가동 방식 등을 고려하여 개발되었다. <표 4.2-1>에 보 모듈에 사용한 변수를 제시하였다.

<표 4.2-1> 보 모듈 변수 목록

변수명	배열크기	단위	형식	내용	관련 서브루틴	입출력
NQCTL	-	-	I	보 적용 격자 수	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	EFDC.INP
NQCTLT	-	-	I	보 적용 시계열 개수	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	EFDC.INP
IQCTLU	-	-	I	보 상류측 방류지점 격자 I index	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	EFDC.INP
JQCTLU	-	-	I	보 상류측 방류지점 격자 J index	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	EFDC.INP
IQCTLD	-	-	I	보 하류측 유입지점 격자 I index	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	EFDC.INP
IQCTLD	-	-	I	보 하류측 유입지점 격자 J index	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	EFDC.INP
NQCTYP	-	-	I	보 형식 (승강식, 전도식 등)	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	EFDC.INP
NQCTLQ	-	-	I	보 시계열 ID	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	EFDC.INP
NGTYPES	-	-	I	보 적용 격자 수	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
NGATE	NDQCLT, NQCTL	-	I	보의 수문 수 또는 소수력 발전소의 수차 수	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
NGTYP	NQCTL	-	I	보 ID	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
SILL	NGTYP	EL,m	R	고정보 : 상단표고 가동보 : 하단표고	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
SILLHH	NGTYP	EL,m	R	가동보 : 미가동시 상단표고 고정보, 어도, 소수력발전소 : 사용하지 않음	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
GATEHI	NGTYP	m	R	수문 높이 (상류측)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
GATEHO	NGTYP	m	R	수문 높이 (하류측, 상류측과 동일하게 입력)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
GATEWI	NGTYP	m	R	수문 폭 (상류측)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
GATEWO	NGTYP	m	R	수문 폭 (하류측, 상류측과 동일하게 입력)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
MAXQ	NGTYP	m ³ /s	R	>0 : 최대 배재량 지정 -1 : 최대 배재량 지정하지 않을 경우	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for	GATECTLINP

변수명	배열크기	단위	형식	내용	관련 서브루틴	입출력
					CGATEFLX.for	
GOTIME	NGTYP	min.	R	가동보 수문이 완전히 열리는데 소요되는 시간	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
GCTIME	NGTYP	min.	R	가동보 수문이 완전히 닫히는데 소요되는 시간	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
IATS	NGTYP	-	I	상류 평균수위 산정 기간 (타임스텝)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
CGH1	NGTYP	-	R	상류수위-고정보 상단표고의 최소값	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
CGH2	NGTYP	-	R	상류수위-고정보 상단표고의 최대값	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
CG1	NGTYP	-	R	유량계수 (‘상류수위-고정보 상단표고’의 최소값)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
CG2	NGTYP	-	R	유량계수 (‘상류수위-고정보 상단표고’의 최대값)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
CG3	NGTYP	-	R	유량계수 (가동보 완전 월류)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
CG4	NGTYP	-	R	유량계수 (가동보 수중 웨어)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
CG5	NGTYP	-	R	유량계수 (가동보 완전 오리피스)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
CG6	NGTYP	-	R	유량계수 (가동보 수중 오리피스)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
CG7	NGTYP	-	R	유량계수 (가동보 상하류 낙차)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
CG8	NGTYP	-	R	유량계수 (회전식 상단 월류 및 전도식 가동보)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
NCG3FOM	NGTYP	-	R	수중 불완전 오리피스에 적용하는 식 선택 (1로 고정)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
DELHINOUT	NGTYP	m	R	상하류 임계 수위차 (상하류 수위차 $\geq$ 임계수위차 $\rightarrow$ 보 유량 계산)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
DELHSEL1	NGTYP	m	R	임계 수위차 (상류 수위 - 상류 목표 수위 $\geq$ 임계 수위차 $\rightarrow$ 보 유량 계산)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
SEL1	NDQCLT ,NQCTL	EL,m	R	상류수위	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
SEL2	NDQCLT ,NQCTL	EL,m	R	상한수위 (하류에서 상류로 유입시)	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
TIDCHK	NGTYP	min	R	해측 창낙조 구분을 위한 수위 비교 시간 간격	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
NICMP	NGTYP	-	I	상류측 수위 비교 격자수	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
NOCMP	NGTYP	-	I	하류측 수위 비교 격자수	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
ICMPI	NICMP, NGTYP	-	I	상류측 수위 비교 격자의 I index	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
JCMPJ	NICMP, NGTYP	-	I	하류측 수위 비교 격자의 J index	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for	GATECTLINP

변수명	배열크기	단위	형식	내용	관련 서브루틴	입출력
					CGATEFLX.for	
ICMPO	NICMP, NGTYP	-	I	하류측 수위 비교 격자의 I index	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
JCMPO	NICMP, NGTYP	-	I	하류측 수위 비교 격자의 J index	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
IGYY	NQCTL	-	I	년, 하구둑 미 고려시 -1로 고정	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
IGMM	NQCTL	-	I	월, 하구둑 미 고려시 -1로 고정	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
IGDD	NQCTL	-	I	일, 하구둑 미 고려시 -1로 고정	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
CLOC	NQCTL	-	I	조석 시계열 파일명, 하구둑 미 고려시 'NONE'으로 고정	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
ISINK	-	-	I	0 : SINK##.OUT 생성하지 않음 1 : SINK##.OUT 생성	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
DTSNK	-	min.	R	쓰기 시간 간격	Var_Global_Mod.f90 GATECTLREAD.for CGATEFLX.for	GATECTLINP
ISTYP	-	-	I	0으로 고정	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	GATESERINP
MQCTL	NQCTTM	-	I	시계열 입력자료 LINE 수	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	GATESERINP
GCCSER	NQCTLM	sec	R	REFERENCE TIME 86400.0(초)로 고정	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	GATESERINP
GCSER	NDQCTL, NQCTLM	day	R	시간 (day)	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	GATESERINP
IAG	NDQCTL, NQCTLM	-	I	보 운영 방식	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	GATESERINP
NGATE	NDQCTL, NQCTLM	-	I	개방 수문의 수 고정보는 1로 고정	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	GATESERINP
SEL1	NDQCTL, NQCTLM	EL,m	R	- 상류수위 - 소수력 발전 : 발전소 가동 상류수위 최소값	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	GATESERINP
SEL2	NDQCTL, NQCTLM	EL,m	R	- 하류에서 상류로 유입시 상한수위 - 소수력 발전 : 발전소 가동 상류수위 최대값	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	GATESERINP
GUPH	NDQCTL, NQCTLM	$m,$ m^3/s	R	- 수문 개방 높이 (m) - 소수력 발전 : 발전시 유량 최소값 (m^3/s)	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	GATESERINP
GQSUM	NQCTLM	m^3/s	R	- -1 : 자동운영일 경우 - 사용자 정의 최대 유출 유량 (IAG=2 경우) - 소수력 발전시 유량 최대값 - 어도 운영시 유량	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	GATESERINP
GKMUL	NDQCTL, NQCTLM	-	R	층별 방류 비율 (K=1,KC)	Var_Global_Mod.f90 INPUT.for CGATEFLX.for	GATESERINP

4.2.1 입·출력파일 구조

보 모듈을 제어하는 입력파일은 EFDC-NIER의 master control 파일 EFDC.INP, 보의 기본 형식을 지정하는 GATECTL.INP와 보 운영 시계열을 설정하는 GATESER.INP이다. 여기서 GATECTL.INP와 GATESER.INP는 보 모듈을 제어하기 위해 추가된 파일이다.

(1) 입력파일 구조

1) 주 제어파일 (EFDC.INP)

보 모듈은 EFDC.INP의 설정을 변경하여 활성화 할 수 있다. 이를 위해 EFDC.INP에서 C23과 C32만 설정하면 된다. 설정 변수는 보의 개수, 보 모듈에 적용되는 시계열 개수, 보 모듈이 적용되는 격자 정보, 다기능 보의 형식(가동보, 하구둑, 고정보, 어도, 소수력발전소 등의 형식), 보 모듈에 적용되는 시계열 ID를 지정한다. 변수별 입력내용을 <그림 4.2.1-1>과 <표 4.2.1-1>에 제시하였다.

C23	NVBS	NUBW	NUBE	NVBN	NQSIJ	NQJPIJ	NQSER	NQCTL	NQCTLT	NQWR	NQWRSR	ISDIQ
	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0
C32	IQCTLU	JQCTLU	IQCTLD	JQCTLD	NQCTYP	NQCTLQ	NQCMUL	NQC_U	NQC_D	BQC_U	BQC_D	
3	123	3	121	8	1	0	0	0	0	0	0	!어도
4	123	4	121	7	2	0	0	0	0	0	0	!고정보
5	123	5	121	31	3	0	0	0	0	0	0	!가동보
6	123	6	121	9	4	0	0	0	0	0	0	!소수력발전소
3	5	3	3	7	5	0	0	0	0	0	0	!고정보 하류
4	5	4	3	7	6	0	0	0	0	0	0	!고정보 하류
5	5	5	3	7	7	0	0	0	0	0	0	!고정보 하류
6	5	6	3	7	8	0	0	0	0	0	0	!고정보 하류

<그림 4.2.1-1> EFDC.INP의 보 모듈 활성화 Card

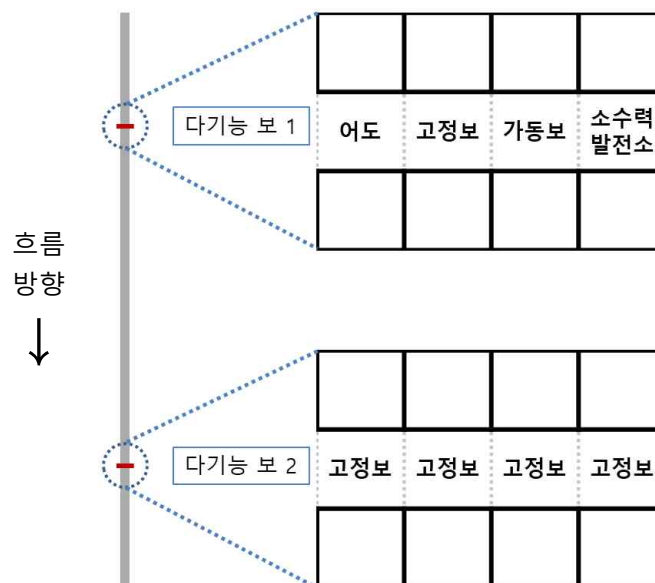
<표 4.2.1-1> EFDC.INP의 다기능 보 모듈 사용 입력 항목

위치	변수명	단위	형식	내용
C23	NQCTL	-	I	보 적용 격자 수
"	NQCTLT	-	I	보 적용 시계열 수
C32	IQCTLU	-	I	보 상류측 방류지점 격자 I index
"	JQCTLU	-	I	보 상류측 방류지점 격자 J index
"	IQCTLD	-	I	보 하류측 유입지점 격자 I index
"	JQCTLD	-	I	보 하류측 유입지점 격자 J index

위치	변수명	단위	형식	내용
"	NQCTYP	-	I	보 형식 31 : 승강식 가동보 32 : 전도식 가동보 33 : 회전식 가동보 6 : 하구둑 또는 댐 7 : 고정보 8 : 어도 9 : 소수력 발전소
"	NQCTLQ	-	I	보 시계열 ID

<그림 4.2.1-2>에 다기능보 격자 모식도를 제시하였다. C23의 NQCTL은 모델에 적용되는 보 격자의 수를 지정한다. 모식도에서 다기능 보 1과 다기능 보 2에 각각 4개의 격자가 적용되므로 NQCTL의 값은 8이다. NQCTLT는 보 운영 시계열 개수를 지정한다. 보 모듈 구성의 가독성을 높이기 위해 NQCTL과 NQCTLT는 같은 수로 입력하고 해당 개수 시계열 생성을 권장한다.

C32에서는 보 모듈이 적용되는 격자, 보의 형식, 보 운영 시계열 ID를 입력한다. 예시에서는 8줄로 구성되어 있으며, 이는 C23 NQCTL의 값이다. NQCTYP에서 보의 형식을 지정한다. 여기에서 가동보, 하구둑, 고정보, 어도, 소수력 발전소를 지정하고, 가동보의 경우에는 승강식, 전도식, 회전식 가동보를 지정할 수 있다.



<그림 4.2.1-2> 다기능보 적용 격자 모식도

2) 보 제원 입력파일 (GATECTL.INP)

GATECTL.INP에 보 제원을 입력한다. 고정보 상단표고, 가동보 상단표고, 가동보 하단표고 등 실제 보 구조물 제원과 보 유통량 계산시 사용되는 계수를 입력한다. 이 계수는 모델 보정에 사용할 수 있다. 그리고, 상하류 수위에 따라 유량이 계산되므로 상·하류 수위를 비교하는 적절한 위치를 지정한다. 보 통과 유량을 모니터링할 경우 출력 설정을 활성화한다.

● GC1 : 보 적용 격자 개수

NGTYPES은 모델 영역내에 보가 적용된 격자의 수이다. <그림 4.2.1-3>에 GC1 입력파일 예시를, <표 4.2.1-2>에 GC1 입력항목을 제시하였다. NGTYPES은 EFDC.INP CARD 23의 NQCTL과 동일한 수치로 입력한다. <그림 4.2.1-2>의 예시에서 보가 적용된 격자가 8개이므로 NGTYPES는 8이다.

```
GC1 NUMBER OF GATE TYPE
*   NGTYPES: NUMBER OF GATE TYPE
*   GARTM: GARBAGE TIME [min.]
*
GC1 NGTYPES  GARTM  IWSYS
      8      0.      0
```

<그림 4.2.1-3> GATECTL.INP의 GC1

<표 4.2.1-2> GATECTL.INP의 GC1 입력항목

위치	변수명	단위	형식	내용
GC1	NGTYPES	-	I	보가 적용된 격자 개수 (=NQCTL in EFDC.INP CARD 23)
	GARTM	-	-	※ 사용하지 않음. 0으로 지정
	IWSYS	-	-	※ 사용하지 않음. 0으로 지정

● GC2 : 보 모듈 격자 정보

GC2는 보 모듈이 적용되는 격자 정보를 입력한다. <그림 4.2.1-4>에 GC2 입력파일 예시를, <표 4.2.1-3>에 GC2 입력항목을 제시하였다.

보 모듈별로 입력해야하기 때문에 EFDC.INP CARD 23의 NQCTL의 수와 GC2 변수 line의 수가 동일해야한다. NGATE는 해당 모듈에 수문이 몇 개인지 입력한다. 어도, 고정정보는 수문 개념이 없기 때문에 1을 입력하고, 가동보 또는 소수력발전소는 해당격자에 적용할 수문의 수를 입력한다. NGATEC에 보가 적용되는 격자수를 입력하며, 대부분 1개 격자당 1개 모듈이 적용되므로 NGATEC는 1을 입력한다. NGTYP는 유량계산을 위한 보 ID를 입력한다. 편의상 첫줄을 1로 시작하여 수를 증가시킨다.

GC2의 경우 변수가 세 개 이므로 한 줄에 세 개 값만 입력한다. 세 개의 값 입력후 해당 줄이 어떤 보 모듈인지 정보를 입력하면 향후 확인이 용이하다. 어떤 형태의 값을 입력해도 모델에 영향을 미치지 않으므로 사용자마다 규칙을 정하여 <그림 4.2.1-4>의 예시처럼 입력하는 것을 권장한다.

```

GC2 GATE INFORMATION 1                LINE=NQCTL
*   NGATE:  NUMBER OF GATE
*   NGATEC:  NUMBER OF GATE CELL
*   NGTYP:  ID OF GATE TYPE
*
GC2 NGATE  NGATEC  NGTYP
    1      1      1 ' *** GATESER_1 어도_상
    1      1      2 ' *** GATESER_2 고정보_상
    3      1      3 ' *** GATESER_3 가동보_상
    2      1      4 ' *** GATESER_4 소수력_상
    1      1      5 ' *** GATESER_5 고정보_하
    1      1      6 ' *** GATESER_6 고정보_하
    1      1      7 ' *** GATESER_7 고정보_하
    1      1      8 ' *** GATESER_8 고정보_하
  
```

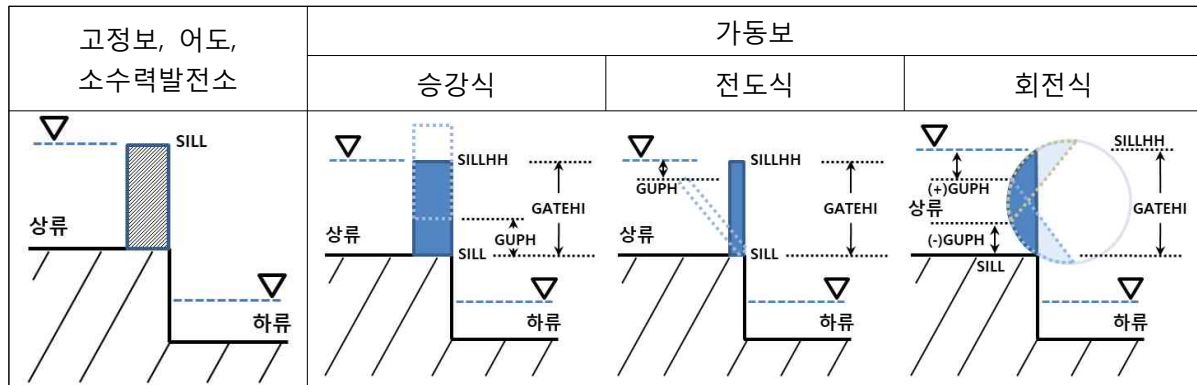
<그림 4.2.1-4> GATECTL.INP의 GC2

<표 4.2.1-3> GATECTL.INP의 GC2 입력 항목

위치	변수명	단위	형식	내용
GC2	NGATE	-	I	보의 수문 수 또는 소수력 발전소의 수차 수
	NGATEC	-	I	보가 적용되는 상·하류측 격자 수
	NGTYP	-	I	보 ID

● GC3 : 보 제원 정보

GC3에는 보 제원을 입력한다. <그림 4.2.1-5>에 보 모듈별 변수의 의미 파악을 위한 모식도를, <그림 4.2.1-6>에 GC3 입력파일 예시를, <표 4.2.1-4>에 GC3 입력항목을 제시하였다.



<그림 4.2.1-5> 보 모듈별 변수 모식도

GC3의 입력 line 수는 EFDC.INP CARD 23의 NQCTL의 수와 동일해야 한다.

어도, 고정보 SILL은 상단표고이고, 가동보의 SILL은 수문이 닫힌 상태에서 하단표고이다. 어도와 고정보의 SILLHH는 사용하지 않는다. 여기서 사용하지 않는 변수의 값은 어떤 수를 써도 무방하나, 빈칸으로 설정하거나 숫자가 아닌 문자를 입력하는 것은 허용하지 않는다. 가동보의 SILLHH는 수문이 닫힌 상태에서의 상단표고이다.

GATEHI는 가동보 수문의 높이이다. GATEHO는 사용하지 않는다. GATEWI는 가동보 수문 1기 폭이고, GATEWO는 사용하지 않는다.

MAXQ는 고정보, 가동보의 최대 배출 유량이며, -1일 경우 최대 유량을 지정하지 않는다.

GOTIME은 가동보 수문이 완전 개방되는데 소요되는 시간, GCTIME는 가동보 수문이 닫히는데 소요되는 시간이다.

보 통과유량은 상류수위 또는 상하류 수위차로 계산되므로 수위진동이 있을 경우 통과유량도 진동한다. 따라서 안정된 모의를 위한 방안으로 상류 수위를 일정 기간 동안 평균하는 기능을 적용하였다. 이 기능을 사용하는 변수가 IATS이며, 평균수위 산정을 위한 계산 기간(타임스텝)을 의미한다. 이 기간 동안의 평균수위를 통과유량 계산에 사용한다.

GC3 GATE INFORMATION 2

- * SILL: SILL LEVEL [m]
- * SILLHH : DISTANCE FROM SILL BOTTOM TO END OF GATE BOTTOM [m]
- * GATEHI: GATE HEIGHT OF INSIDE (UPSTREAM) [m]
- * GATEHO: GATE HEIGHT OF OUTSIDE (DOWNSTREAM) [m]
- * GATEWI: GATE WIDTH OF INSIDE (UPSTREAM) [m]
- * GATEWO: GATE WIDTH OF OUTSIDE (DOWNSTREAM) [m]
- * MAXQ: MAXIMUM GATE FLUX [m³/S] (NEGATIVE VALUE MEANS UNLIMITED MAX.)
- * GOTIME: GATE COMPLETELY OPEN TIME INTERVAL (GOTIME > 0.) [min.]
- * GCTIME: GATE COMPLETELY CLOSE TIME INTERVAL (GOTIME > 0.) [min.]
- *

GC3	SILL	SILLHH	GATEHI	GATEHO	GATEWI	GATEWO	MAXQ	GOTIME	GCTIME	IATS
	10.00	10.00	0.	0.	0.0	0.0	-1.	20.	20.	1 ' *** GATESER_1 어드_상
	10.00	10.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	0.	0.	1 ' *** GATESER_2 고정브_상
	5.00	10.00	5.	5.	20.0	20.0	-1.	20.	20.	1 ' *** GATESER_3 가동브_상
	10.00	10.00	0.	0.	0.0	0.0	-1.	20.	20.	1 ' *** GATESER_4 소수력_상
	8.00	8.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	00.	00.	1 ' *** GATESER_5 고정브_하
	8.00	8.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	00.	00.	1 ' *** GATESER_6 고정브_하
	8.00	8.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	00.	00.	1 ' *** GATESER_7 고정브_하
	8.00	8.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	00.	00.	1 ' *** GATESER_8 고정브_하

<그림 4.2.1-6> GATECTL.INP의 GC3

<표 4.2.1-4> GATECTL.INP의 GC3 입력 항목

위치	변수명	단위	형식	내용
GC3	SILL	EL,m	R	고정보 : 상단표고 가동보 : 하단표고
	SILLHH	EL,m	R	가동보 : 미가동시 상단표고 고정보, 어도, 소수력발전소 : 사용하지 않음
	GATEHI	m	R	수문 높이 (상류측)
	GATEHO	m	R	수문 높이 (하류측, 상류측과 동일하게 입력)
	GATEWI	m	R	수문 폭 (상류측)
	GATEWO	m	R	수문 폭 (하류측, 상류측과 동일하게 입력)
	MAXQ	m ³ /s	R	>0 : 최대 배재량 지정 -1 : 최대 배재량 지정하지 않을 경우
	GOTIME	min.	R	가동보 수문이 완전히 열리는데 소요되는 시간
	GCTIME	min.	R	가동보 수문이 완전히 닫히는데 소요되는 시간
	IATS	-	I	상류 평균수위 산정 기간 (타임스텝)

● GC4 : 보 유량 계산식 계수

GC4는 보 유량 계산식의 계수를 입력한다. <그림 4.2.1-7>에 GC4 입력파일 예시를, <표 4.2.1-5>에 GC4 입력항목을 제시하였다.

GC4 FLOW CONSTANT & FOMULAR CHOICE

```
* CG1 : DISCHARGE COEFFICIENT : COMPLETE OVERFLOW
* CG2 : DISCHARGE COEFFICIENT : SUBMERGED WEIR
* CG3 : DISCHARGE COEFFICIENT : COMPLETE ORIFICE 1
* CG4 : DISCHARGE COEFFICIENT : COMPLETE ORIFICE 2
* CG5 : DISCHARGE COEFFICIENT : SUBMERGED ORIFICE
* NCG3FOM : CHOICE SUBMERGED INCOMPLETE ORIFICE FOMULAR
*      1 = KOREA RURAL COMMUNITY CORPORATION, 2004.12, MIN,BM. & WJ.KIM, 2009.
*      2 = TEXT BOOK
*
```

GC4	CGH1	CGH2	CG1	CG2	CG3	CG4	CG5	CG6	CG7	CG8	NCG3FOM
	0.00	99.0	0.321	0.321	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1 ' *** GATESER_1 어드_상
	0.00	99.0	0.321	0.321	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1 ' *** GATESER_2 고정보_상
	0.00	99.0	0.321	0.321	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1 ' *** GATESER_3 가동보_상
	0.00	99.0	0.321	0.321	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1 ' *** GATESER_4 소수력_상
	0.00	99.0	0.500	0.500	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1 ' *** GATESER_5 고정보_하
	0.00	99.0	0.500	0.500	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1 ' *** GATESER_6 고정보_하
	0.00	99.0	0.500	0.500	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1 ' *** GATESER_7 고정보_하
	0.00	99.0	0.500	0.500	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1 ' *** GATESER_8 고정보_하

<그림 4.2.1-7> GATECTL.INP의 GC4

<표 4.2.1-5> GATECTL.INP의 GC4 입력 항목

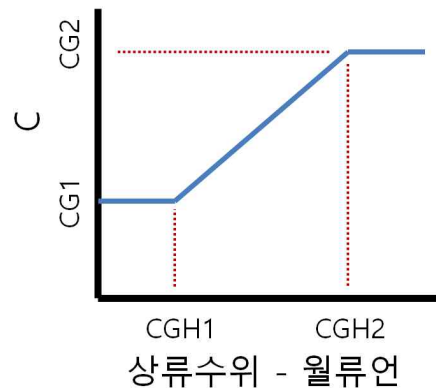
위치	변수명	단위	형식	내용
GC4	CGH1	m	R	상류수위-고정보 상단표고의 최소값
	CGH2	m	R	상류수위-고정보 상단표고의 최대값
	CG1	-	R	유량계수 ('상류수위-고정보 상단표고'의 최소값)
	CG2	-	R	유량계수 ('상류수위-고정보 상단표고'의 최대값)
	CG3	-	R	유량계수 (가동보 완전 월류)
	CG4	-	R	유량계수 (가동보 수중 웨어)
	CG5	-	R	유량계수 (가동보 완전 오리피스)
	CG6	-	R	유량계수 (가동보 수중 오리피스)
	CG7	-	R	유량계수 (가동보 상하류 낙차)
	CG8	-	R	유량계수 (회전식 상단 월류 및 전도식 가동보)
	NCG3FOM	-	I	수중 불완전 오리피스에 적용하는 식 선택 1 = 농업기반공사 농어촌연구원, 2004. (1로 고정)

보 통과 유량은 전술한 3.2절의 <표 3.2.1-1>, <표 3.2.1-2>, <표 3.2.1-4>의 식으로 계산된다. 국립환경과학원(2014)은 보별 유통량 실측값 분석을 통해 모델에서 적절한 보 통과 유량을 산정할 수 있도록 최적의 유량계수 C 를 도출하여 적용하였다.

고정보 유량계수는 GC4의 CGH1, CGH2, CG1, CG2를 이용하여 계산한다. CGH1과 CGH2는 [식 3.2-6]과 [식 3.2-7]의 H_1 최소값과 최대값이다.

- CGH1 : '상류수위-고정보 상단표고'의 최소값
- CGH2 : '상류수위-고정보 상단표고'의 최대값
- CG1 : '상류수위-고정보 상단표고' 최소값 이하 경우의 유량계수
- CG2 : '상류수위-고정보 상단표고' 최대값 이상 경우의 유량계수

<그림 4.2.1-8>에 수위에 따른 유량계수 산정 모식도를 제시하였다. 현재수위에 따라 유량계수를 선형 내삽하며, '상류수위 - 고정보 상단표고'가 최소값과 최대값의 범위를 벗어나면 CG1 또는 CG2를 적용한다. [식 3.2-6]과 [식 3.2-7]의 C 는 CG1과 CG2의 선형내삽으로 결정된다. <그림 4.2.1-6>의 두 번째 줄 예시에 입력한 CGH1과 CGH2의 값은 각각 0.00과 99.0이고, CG1과 CG2는 0.321이다. 이러한 조건에서는 상류수위와 고정보 월류언 높이의 차이가 0m에서 99m까지 동일한 계수인 0.321이 적용된다. CG3~CG8은 고정보에서 사용하지 않는다.



<그림 4.2.1-8> 고정보 유량계수 산정용 입력 값 모식도

CG3~CG6은 승강식 가동보와 회전식 가동보가 수문 하단으로 방류하는 경우의 유량계수이다. CG3는 완전월류 [식 3.2-1]의 CG_3 이다. CG4는 수중웨어 [식 3.2-2]의 CG_4 이다. CG5는 완전오리피스 [식 3.2-3]의 CG_5 로 유량 Q_{3_1} , Q_{3_2} 의 계수에 동일하게 적용한다. CG6는 수중오리피스 [식 3.2-4]의 CG_6 이다.

CG7은 하류측 수위가 상류측 월류언 저면보다 낮은 경우의 유량계수로 [식 3.2-5]의

CG_7 이다.

CG8은 전도식 가동보나 회전식 가동보 상단으로 월류하는 경우의 유량계수로 [식 3.2-6]과 [식 3.2-7]의 C 이다.

NCG3FOM의 사용하지 않으며 입력오류 방지를 위해 1로 고정한다.

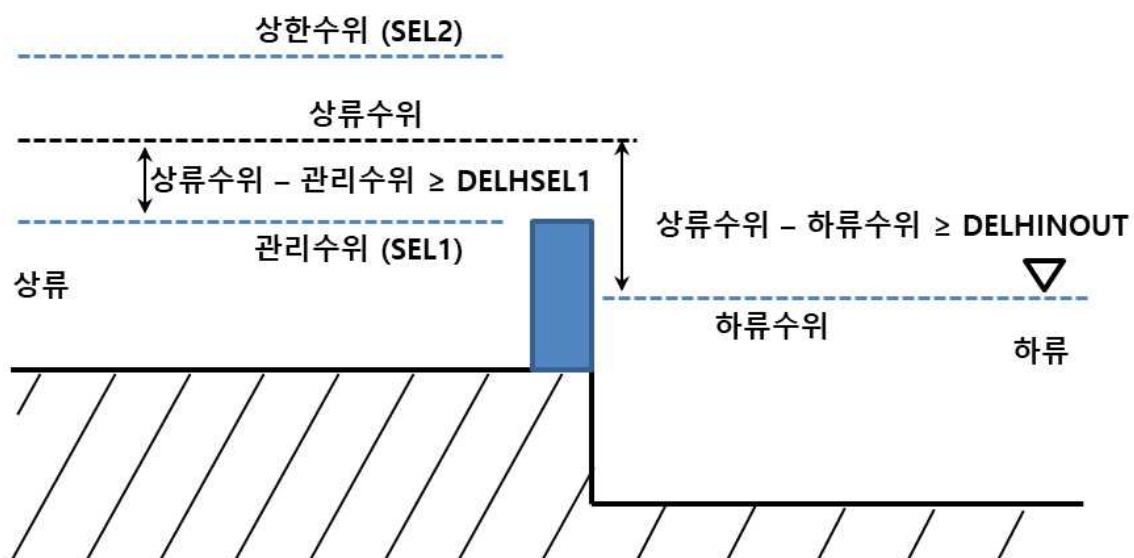
● GC5 : 보 통과 유량 계산 조건

GC5는 보 통과 유량 계산 조건을 입력한다. <그림 4.2.1-9>에 GC5에 사용되는 변수의 모식도를, <그림 4.2.1-10>에 GC5 입력파일 예시를, <표 4.2.1-6>에 GC5 입력항목을 제시하였다.

보 통과 유량 계산 조건은 가동보와 하구둑 통과 유량 계산시에만 적용한다. 보 통과 유량은 상류수위와 하류수위의 차이가 DELHINOUT (m) 보다 크고, 모델상류수위와 입력상류수위 SEL1의 차이가 DELHSEL1 (m) 보다 큰 경우에 계산한다.

SEL1과 SEL2는 각각 상류측 모델수위와 입력상한수위를 의미하나 SEL1은 보 제원의 관리수위 또는 관측 상류수위를 입력하고, SEL2는 사용하지 않는다. 상류수위 SEL1은 후술하는 GATESER.INP에서 수위 보정값으로 입력할 수 있다.

TIDCHK는 하구둑 적용시 해측 조위 확인 시간 간격이다. 하천 모의시에는 -1로 입력한다.



<그림 4.2.1-9> 보 통과 유량 계산 조건에 사용되는 변수 모식도

GC5 GATE CONTROL

* DELHINOUT: GATE OPEN CONTIDION1 - DIFFERENCE OF INSIDE LEVEL - OUTSIDE LEVEL [m]
 * DELHSEL1: GATE OPEN CONDITION2 - DIFFERENCE OF INSIDE LEVEL - TARGET LEVEL [m]
 * SEL1: TARGET LOW LEVEL OF GATE INSIDE [m]
 * SEL2: TARGET HIGH LEVEL OF GATE INSIDE [m]
 * TIDCHK: TIDE CHECK TIME INTERVAL [min.]
 *

GC5	DELHINOUT	DELHSEL1	SEL1	SEL2	TIDCHK	
	0.01	0.01	10.0	0.0	-1.	' *** GATESER_1 어드_상
	0.01	0.01	10.0	0.0	-1.	' *** GATESER_2 고정브_상
	0.01	0.01	10.0	0.0	-1.	' *** GATESER_3 가동브_상
	0.01	0.01	10.0	0.0	-1.	' *** GATESER_4 소수력_상
	0.01	0.01	8.0	0.0	-1.	' *** GATESER_5 고정브_하
	0.01	0.01	8.0	0.0	-1.	' *** GATESER_6 고정브_하
	0.01	0.01	8.0	0.0	-1.	' *** GATESER_7 고정브_하
	0.01	0.01	8.0	0.0	-1.	' *** GATESER_8 고정브_하

<그림 4.2.1-10> GATECTL.INP의 GC5

<표 4.2.1-6> GATECTL.INP의 GC5 입력 항목

위치	변수명	단위	형식	내용
GC5	DELHINOUT*	m	R	상하류 임계 수위차 (상하류 수위차 ≥ 임계수위차 → 보 유량 계산)
	DELHSEL1*	m	R	임계 수위차 (상류 수위 - 상류 목표 수위 ≥ 임계 수위차 → 보 유량 계산)
	SEL1	m	R	상류수위 (GATESER.INP를 사용할 경우 미사용)
	SEL2	m	R	상한수위 (하류에서 상류로 유입시)
	TIDCHK	min	R	해측 창·낙조 구분을 위한 수위 비교 시간 간격 (하구둑에서만 적용) 하천에서는 조석현상이 없으므로 -1로 고정

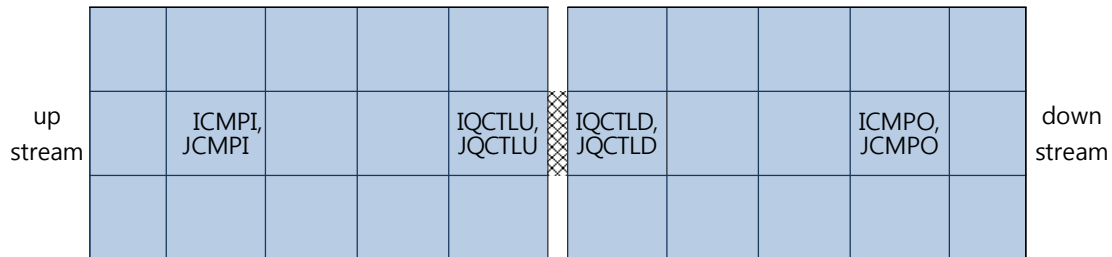
※ 두 조건을 만족할 경우 보 유량 계산

● GC6 : 상·하류 수위 비교 격자점 수 설정

GC6는 상·하류 수위 비교를 위한 격자점의 수를 입력한다. <그림 4.2.1-11>에 보 관련 위치정보를 제시하였다. 보가 적용된 격자의 수는 전술한 EFDC.INP C23에, 보의 I, J index는 EFDC.INP C32에 정의한다. 상류에서 유량이 빠져나가는 격자 위치는 IQCTLU, JQCTLU, 하류에서 유량이 부여되는 격자 위치는 IQCTLD, JQCTLD이다.

보 통과유량 계산을 위한 상·하류 수위 비교 격자의 수는 GATECTL.INP GC6에서 설

정한다. 보 모듈별로 입력해야하기 때문에 EFDC.INP CARD 23의 NQCTL의 수와 GC6 변수 line의 수가 동일해야한다.



<그림 4.2.1-11> 보 관련 위치정보 변수의 정의 및 지정 위치

<그림 4.2.1-12>에 GC6 입력파일 예시를, <표 4.2.1-7>에 GC6 입력항목을 제시하였다. NICMP는 상류측 비교점의 수를, NOCMP는 하류측 비교점 수를 입력한다. 예제에서는 모두 1로 입력했으며, 이는 보 모듈마다 상·하류 각각 한 격자를 적용한다는 의미이다. 1을 기본값으로 사용한다.

```
GC6 NUMBER OF SURFACE LEVEL COMPARE CELL
*   NICMP:  NUMBER OF COMPARE CELL OF IN-SIDE (UPSTREAM)
*   NOCMP:  NUMBER OF COMPARE CELL OF OUT-SIDE (DOWNSTREAM)
*
GC6 NICMP  NOCMP
1      1 ' *** GATESER_1 어도_상
1      1 ' *** GATESER_2 고정보_상
1      1 ' *** GATESER_3 가동보_상
1      1 ' *** GATESER_4 소수력_상
1      1 ' *** GATESER_5 고정보_하
1      1 ' *** GATESER_6 고정보_하
1      1 ' *** GATESER_7 고정보_하
1      1 ' *** GATESER_8 고정보_하
```

<그림 4.2.1-12> GATECTL.INP의 GC6

<표 4.2.1-7> GATECTL.INP의 GC6 입력 항목

위치	변수명	단위	형식	내용
GC6	NICMP	-	I	상류측 수위 비교 격자수
	NOCMP	-	I	하류측 수위 비교 격자수

● GC7, GC8 : 상·하류 수위 비교 격자점 설정

GC7은 상류 수위 비교 격자점을, GC8은 하류 수위 비교 격자점을 입력한다. 보 모듈 격자점과 인근에서 발생하는 수위 진동을 피하기 위해 충분한 거리를 두고 설정한다 (<그림 4.2.1-11> 참조). <그림 4.2.1-13>에 GC7과 GC8 입력파일 예시를 <표 4.2.1-8>에 GC7과 GC8의 입력항목을 제시하였다.

(a) GC7		(b) GC8	
GC7 CELL INDEX OF UPSTREAM		GC8 CELL INDEX OF DOWNSTREAM	
* ICMPI: COMPARE CELL I INDEX (UPSTREAM)		* ICMPO: COMPARE CELL I INDEX (DOWNSTREAM)	
* JCMPI: COMPARE CELL J INDEX (UPSTREAM)		* JCMPO: COMPARE CELL J INDEX (DOWNSTREAM)	
*		*	
GC7	ICMPI JCMPI	GC8	ICMPO JCMPO
3	123 ' *** GATESER_1 어드_상	3	112 ' *** GATESER_1 어드_상
3	123 ' *** GATESER_2 고정브_상	3	112 ' *** GATESER_2 고정브_상
3	123 ' *** GATESER_3 가동브_상	3	112 ' *** GATESER_3 가동브_상
3	123 ' *** GATESER_4 소수력_상	3	112 ' *** GATESER_4 소수력_상
3	15 ' *** GATESER_5 고정브_하	3	3 ' *** GATESER_5 고정브_하
3	15 ' *** GATESER_6 고정브_하	3	3 ' *** GATESER_6 고정브_하
3	15 ' *** GATESER_7 고정브_하	3	3 ' *** GATESER_7 고정브_하
3	15 ' *** GATESER_8 고정브_하	3	3 ' *** GATESER_8 고정브_하

<그림 4.2.1-13> GATECTL.INP의 GC7과 GC8

<표 4.2.1-8> GATECTL.INP의 GC7과 GC8 입력 항목

위치	변수명	단위	형식	내용
GC7	ICMPI	-	I	상류측 수위 비교 격자의 I index
	JCMPI	-	I	하류측 수위 비교 격자의 J index
GC8	ICMPO	-	I	하류측 수위 비교 격자의 I index
	JCMPO	-	I	하류측 수위 비교 격자의 J index

● GC9 : 하구둑 또는 댐 하류 수위 시계열 설정

GC9은 하천 말단부 하구둑 또는 댐을 고려할 경우의 조건을 입력한다. <그림 4.2.1-14>에 GC9 입력파일 예시를 <표 4.2.1-9>에 GC9의 입력항목을 제시하였다.

하구둑이나 댐을 고려하기 위해서는 모의영역 하류 외측 수위 시계열을 미리 준비해야 한다. 수위 시계열은 10년치까지 미리 생성해 놓을 수 있도록 구성하였다. IGY, IGMM, IGDD에는 각각 모델의 시작 연, 월, 일을 입력하며, CLOC에는 수위시계열 파일명을 입력한다.

하천모델 수행 시 하구둑이나 댐을 고려하지 않을 경우 IGY, IGMM, IGDD에 모두 -1을 입력하고 CLOC에는 'NONE'을 입력한다.

하구둑이나 댐 고려시 입력자료 구성 방법은 tutorial에 설명할 예정이다.

```
GC9 CONSIDER ESTUARY DIKE OUTER TIDE START TIME (FOR NQCTYP=6) LINE=NGTYPES
*   IGY:  YEAR  (-1 : NOT USE)
*   IGMM: MONTH (-1 : NOT USE)
*   IGDD: DAY   (-1 : NOT USE)
*
*
GC9 IGY IGMM IGDD CLOC
-1 -1 -1 'NONE' ' *** GATESER_1 어드_상
-1 -1 -1 'NONE' ' *** GATESER_2 고정보_상
-1 -1 -1 'NONE' ' *** GATESER_3 가동보_상
-1 -1 -1 'NONE' ' *** GATESER_4 소수력_상
-1 -1 -1 'NONE' ' *** GATESER_5 고정보_하
-1 -1 -1 'NONE' ' *** GATESER_6 고정보_하
-1 -1 -1 'NONE' ' *** GATESER_7 고정보_하
-1 -1 -1 'NONE' ' *** GATESER_8 고정보_하
```

<그림 4.2.1-14> GATECTL.INP의 GC9

<표 4.2.1-9> GATECTL.INP의 GC9 입력 항목

위치	변수명	단위	형식	내용
GC9	IGY	-	I	년, 하구둑 미 고려시 -1로 고정
	IGMM	-	I	월, 하구둑 미 고려시 -1로 고정
	IGDD	-	I	일, 하구둑 미 고려시 -1로 고정
	CLOC	-	C	조석 시계열 파일명, 하구둑 미 고려시 'NONE'으로 고정

● GC10 : 보 통과 유량 시계열 쓰기 조건 설정

GC10은 보 통과 유량 시계열을 쓰기 위한 조건을 입력한다. <그림 4.2.1-15>에 GC10 입력파일 예시를 <표 4.2.1-10>에 GC10의 입력항목을 제시하였다.

ISINK가 1인 경우 시계열을 생성하며, DTSNK는 시계열 쓰기 시간간격을 '분' 단위로 지정한다. GC10은 한 줄만 입력한다.

```
GC10 GATE FLUX MONITORING
*   ISINK: 0= NOT MONITORING, 1= WRITE SINK##.OUT
*   DTSNK: WRITE INTERVAL [min.]
*
GC10 ISINK DTSNK
      1    1.
```

<그림 4.2.1-15> GATECTL.INP의 GC10

<표 4.2.1-10> GATECTL.INP의 GC10 입력 항목

위치	변수명	단위	형식	내용
GC10	ISINK	-	I	0 : SINK##.OUT 생성하지 않음 1 : SINK##.OUT 생성
	DTSNK	min	R	쓰기 시간 간격

3) 보 운영 시계열 파일 (GATESER.INP)

보 운영은 정해진 조건에 가동보가 자동 개폐되도록 설정하거나 또는 미리 주어진 시간에 개폐되도록 할 수 있다. 미리 주어진 시간에 개폐할 경우 개폐시간, 개문높이, 가동문수를 GATESER.INP에 입력한다. 가동보의 경우 평상시에는 가동하지 않다가, 필요시 가동한다. 이러한 경우 가동 시간과 가동 방식을 시계열 형태로 입력하여 보를 운영할 수 있다. <그림 4.2.1-16>과 <표 4.2.1-11>에 GATESER.INP의 입력항목을 제시하였다.

```

C ISTYP  MQCTL  GCCSER
C GCSER  IAG    NGATE  SEL1   SEL2  GUPH  GQSUM  GKMUL
C
0        2      86400.0 ' *** GATESER_1_어트_상
1.000    1      1  10.00  999.0  999.   10.   0.2  0.2  0.2  0.2  0.2
999.0    1      1  10.00  999.0  999.   10.   0.2  0.2  0.2  0.2  0.2
0        2      86400.0 ' *** GATESER_2_고정보_상
1.000    1      1  999.0  999.0  999.   -1.   0.2  0.2  0.2  0.2  0.2
999.0    1      1  999.0  999.0  999.   -1.   0.2  0.2  0.2  0.2  0.2
0        4      86400.0 ' *** GATESER_3_가동보_상
1.000    0      3  10.00  999.0  0.5   -1.   0.2  0.2  0.2  0.2  0.2
1.100    1      3  10.00  999.0  0.5   -1.   0.2  0.2  0.2  0.2  0.2
1.900    0      3  10.00  999.0  0.5   -1.   0.2  0.2  0.2  0.2  0.2
999.0    0      3  10.00  999.0  0.5   -1.   0.2  0.2  0.2  0.2  0.2
0        2      86400.0 ' *** GATESER_4_소수력_상
1.000    1      2  10.00  10.2  10.   20.   0.2  0.2  0.2  0.2  0.2
999.0    1      2  10.00  10.2  10.   20.   0.2  0.2  0.2  0.2  0.2

```

<그림 4.2.1-16> GATESER.INP의 입력 항목

<표 4.2.1-11> GATESER.INP의 입력 항목

변수명	단위	형식	위치	내용
ISTYP	-	I	header	0으로 고정
MQCTL	-	I	"	시계열 입력자료 LINE 수
GCCSER	sec	R	"	REFERENCE TIME 86400.0(초)로 고정
GCSER	day	R	body	시간 (day)
IAG	-	I	"	보 운영 방식 0: 수문 닫음, 1: 자동 운영, 2: 사용자 정의 운영 (사용자 정의 운영시 사용자 정의 유출 유량(GQSUM) 지정)

변수명	단위	형식	위치	내용
NGATE	-	I	"	개방 수문의 수 고정보는 1로 고정
SEL1	EL, m	R	"	- 상류수위 - 소수력 발전 : 발전소 가동 상류수위 최소값
SEL2	EL, m	R	"	- 하류에서 상류로 유입시 상한수위 - 소수력 발전 : 발전소 가동 상류수위 최대값
GUPH	m m^3/s	R	"	- 수문 개방 높이 (m) - 소수력 발전 : 발전시 유량 최소값 (m^3/s)
GQSUM	m^3/s	R	"	- -1 : 자동운영일 경우 - 사용자 정의 최대 유출 유량 (IAG=2 일 경우) - 소수력 발전시 유량 최대값 - 어도 운영시 유량
GKMUL	-	R	"	층별 방류 비율 ($K=1, KC$)

GATESER.INP는 보 모듈의 시계열 수만큼 세트를 구성한다.

각 세트마다 시계열 구성 line과 기준 시간을 설정한다. ISTYP는 0으로 고정하고, MQCTL은 시계열 line 수, GCCSER은 기준 시간을 '초'단위로 입력한다. 그 아래 줄부터 시계열이 시작되며 시계열은 MQCTL의 수만큼 line을 구성한다.

시계열에 사용되는 변수 GCSEER은 시간을 입력하며 GCCSER이 86400으로 입력되었 다면 day 단위의 시간을 입력한다. day는 모의하는 년도의 year day로 입력한다.

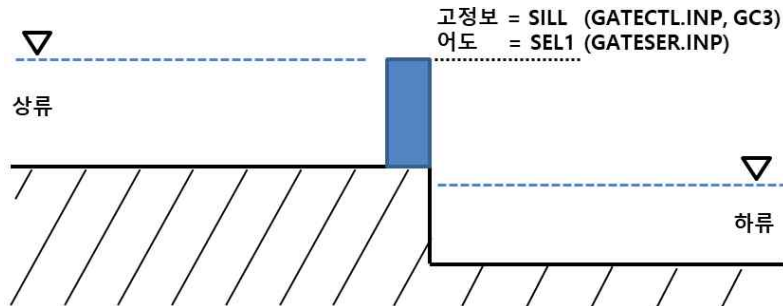
IAG는 1인 경우 유량을 계산한다. 어도, 고정보는 1로 지정하고, 가동보와 소수력발전소는 미운영시 0, 운영시 1로 지정한다.

NGATE는 수문의 수를 의미하며, 어도와 고정보는 1로, 가동보와 소수력발전소는 가동 수문의 수를 입력한다.

SEL1은 가동보, 어도의 경우 상류 수위를 입력한다. 상류 수위를 입력하면 모델 보정에 용이하다. 소수력발전소의 경우 발전소가 가동할 수 있는 상류 수위의 최소값을 입력한다. 고정보의 경우 사용하지 않으나 모델 입력 오류 방지를 위해 어떤 값이든 입력한다.

<그림 4.2.1-17>에 고정보와 어도의 상단표고를 지정하는 변수를 제시하였다. 고정보는 GATECTL.INP, GC3의 SILL 표고(고정보 상단표고)보다 상류수위가 높은 경우에 유량을 계산하고, 어도는 GATESER.INP의 SEL1에 지정된 표고보다 상류수위가 높은 경우에 유량을 계산한다.

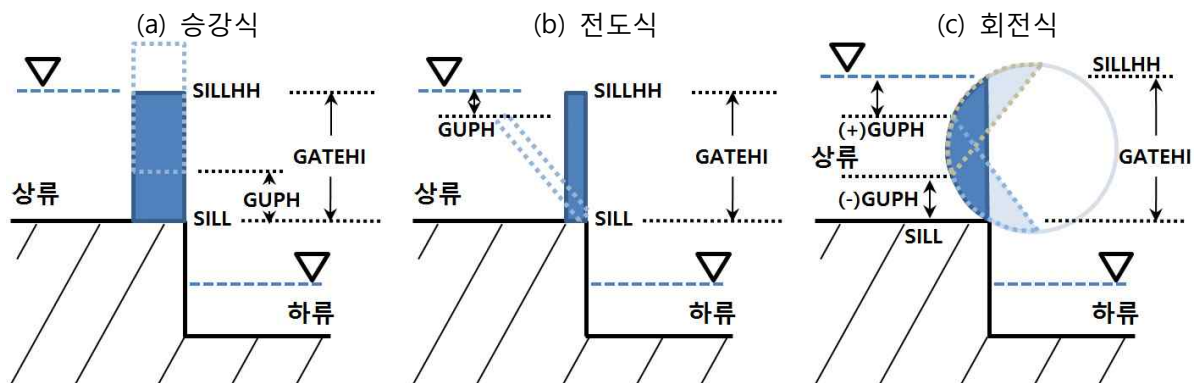
SEL2는 소수력발전소 모듈에서 사용하는 변수로 발전소가 가동할 수 있는 상류수위의 최대값을 입력한다.



<그림 4.2.1-17> 고정보와 어도의 상단표고 변수 모식도

GUPH는 가동보의 수문 개방 높이를 입력한다. <그림 4.2.1-18>에 가동보 변수 모식도를 제시하였다. 승강식인 경우 수문이 아래에서 위로 상승하고, 전도식은 상단부가 아래로 하강한다. 회전식은 GUPH가 양수일 때 수문이 아래로 하강하는 전도식과 같은 형태이며, 음수일 때는 수문이 아래에서 위로 상승하는 승강식과 같은 형태이다. 현재 수문이 아래에서 위로 상승하는 승강식은 적용되지 않는다 (개발중).

소수력발전소 모듈에서의 GUPH는 발전시 최소 유량이다.



<그림 4.2.1-18> 가동보 변수 모식도

GQSUM은 IAG를 2로 설정했을 경우에 사용되며 가동보, 고정보의 최대 유량을 의미한다. GQSUM이 -1인 경우에는 계산한 유량이 적용된다. 소수력발전소의 경우 발전시 최대유량이고, 어도의 경우 어도 유량을 정의한다.

GKMUL은 층별 방류비율을 설정한다. GKMUL의 입력값은 모델의 수직층 수와 동일하게 설정해야한다. <그림 4.2.1-16>에 0.2가 5번 반복하여 기록되어 있다. 이는 예제 모델이 수직 5층으로 구성되어 있기 때문이다. 층별 방류비율 설정값은 모두 더한 값이

1이 되어야만 한다. 처음 값이 저층이고, 마지막 값이 표층이다.

(2) 출력파일 구조

1) 보 통과 유량 출력파일 (SINK.OUT)

모델에서 계산한 수위와 증별 보 통과 유량을 SINK.OUT에 출력한다. 출력기능은 GATECTL.INP의 GC10에서 설정한다. GC10의 ISINK가 1인 경우 출력파일을 생성하고, DTSNK의 시간간격(분)을 기준으로 출력한다. <표 4.2.1-12>에 SINK.OUT 파일 출력 내용을, <그림 4.2.1-19>에 SINK.OUT의 예시를 제시하였다.

출력되는 정보는 모델 타임스텝, 시간(day), 계산에 적용된 식, 상류수위, 하류수위, 상·하류 수위차, 증별 유량을 출력한다. 보의 수만큼 횡방향으로 반복 기록한다.

<표 4.2.1-12> SINK.OUT 파일 출력 내용

항목	단위	형식	내용
N	-	I	모델 Timestep
Time	day	R	시간
ID	-	I	311 : 승강식 완전오리피스 312 : 승강식 수중오리피스 313 : 승강식 완전월류, 314 : 승강식 수중웨어 321 : 전도식 중 하류수위가 상단표고보다 낮은 경우 322 : 전도식 중 하류수위가 상단표고보다 높은 경우 331 : 회전식 완전오리피스 332 : 회전식 수중오리피스 333 : 회전식 완전월류, 334 : 회전식 수중웨어 71 : 고정보 중 하류수위가 상단표고보다 낮은 경우 72 : 고정보 중 하류수위가 상단표고보다 높은 경우 73 : 승강식 가동보 상단 월류중 하류수위가 상단표고보다 낮은 경우 74 : 승강식 가동보 상단 월류중 하류수위가 상단표고보다 높은 경우 8 : 어도, 9 : 소수력발전소
HUP	EL,m	R	상류 수위
HDW	EL,m	R	하류 수위
DIF	m	R	상하류 수위차
Q	m ³ /s	R	증별 방류량 (EFDC.INP의 수직 층 수만큼 출력)

N	TIME	ID	HUP	HDW	DIF	Q				
12	1.0007	73	10.00	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1.0014	73	10.00	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	1.0021	73	10.00	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
48	1.0028	73	10.00	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
60	1.0035	73	10.00	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
72	1.0042	73	10.00	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02

<그림 4.2.1-19> SINK.OUT 예시

2) 보 통과 유량 출력파일 (SINKT.OUT)

보 모듈별 전체 통과 유량과 수위, 층별 유량 등을 출력한다. <표 4.2.1-13>에 SINKT.OUT 파일 출력 내용을, <그림 4.2.1-20>에 SINKT.OUT의 예시를 제시하였다. 출력되는 정보는 모델타임스텝, 시간(day), 보 통과 총 유량이다. 보의 수만큼 횡방향으로 반복 기록한다.

<표 4.2.1-13> SINKT.OUT 파일 출력 내용

항목	단위	형식	내용
N	-	I	모델 Timestep
Time	day	R	시간
Q	m ³ /s	R	보 통과 총 유량

N	TIME	1	2
12	1.0007	0.00	0.00
24	1.0014	0.00	0.00
36	1.0021	0.01	0.00
48	1.0028	0.01	0.00

<그림 4.2.1-20> SINKT.OUT 예시

3) 보 층별 통과 유량 및 가동보 월류 유량 출력파일 (SINK2.OUT)

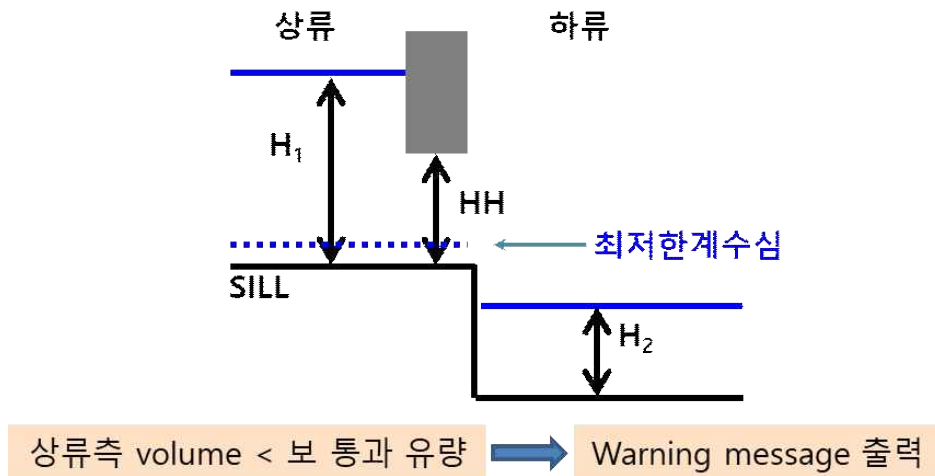
보의 층별 통과 유량 및 가동보 월류 유량을 구분하여 SINK2.OUT에 출력한다. <그림 4.2.1-21>에 SINK2.OUT의 예시를 제시하였다. 출력되는 정보는 모델타임스텝, 시간(day), 층별 유량이다. K##은 모델의 layer 번호를 의미하며(1이 저층), 000은 가동보 상단 월류량을 의미한다. (O는 Overflow, 00은 표층 표시 문자임)

N	TIME	01_K01	01_K02	01_K03	01_K04	01_K05	01_O00	02_K01	02_K02	02_K03	02_K04	02_K05	02_O00
12	1.00069	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1.00139	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	1.00208	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	1.00278	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	1.00347	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<그림 4.2.1-21> SINK2.OUT 예시

4) 유량 불균형시 log 출력파일 (GateWarning.LOG)

가동보가 활성화되었고 상류 수위가 하류 수위보다 높은 경우 유량이 계산된다. 즉, 상·하류 수위차가 발생할 경우 지속적으로 유량이 계산된다. 가동보 통과 유량이 지속적으로 발생할 경우 상류 수위는 낮아지므로 통과되는 유량이 감소하지만 상·하류 수위차가 클 경우에는 상류측 수심이 최저한계수심에 이른 경우에도 유량이 발생할 수 있다. 유량이 조건에 따라 정확하게 계산하는지 파악하기 위하여 상류측 volume과 보 통과 유량의 균형을 확인할 필요가 있기 때문에, 보 통과 유량이 상류측 volume보다 큰 경우 'warning message'를 출력한다.



<그림 4.2.1-22> 상·하류 물수지 이상 발생시 'warning message' 출력

"Warning message"는 GateWarning.LOG 파일에 기록되며 출력되는 내용을 <표 4.2.1-14>에 제시하였다.

<표 4.2.1-14 GateWarning.LOG 파일 출력 내용

항목	단위	형식	내용
Time	day	R	시간
N	-	I	모델 Timestep
NCTL	-	I	보 ID
I	-	I	보의 상류측 격자 I index
J	-	I	보의 상류측 격자 J index
QSUM	m ³ /s	R	보 통과 유량
CellVOL	m ³	R	보 상류측 격자의 volume

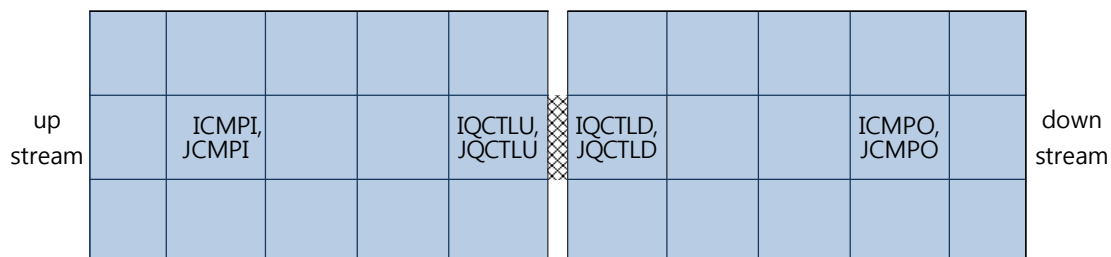
상·하류 물수지 불균형 발생시에만 GateWarning.LOG에 정보를 기록하므로 모델 수행 후 해당 파일을 이용하여 오류가 발생한 시간, 보의 위치를 파악할 수 있다.

4.2.2 다기능보 변수 입력 방법

(1) 보 격자 정보 지정

<그림 4.2.2-1>에 보 관련 위치정보를 제시하였다. 모델에 적용하는 보 모듈의 수는 EFDC.INP C23에, 보의 I, J index는 EFDC.INP C32에 정의한다. 상류에서 유량이 빠져나가는 격자 위치는 IQCTLU, JQCTLU, 하류에서 유량이 부여되는 격자 위치는 IQCTLD, JQCTLD이다. 입력 예시를 <그림 4.2.2-2>에 제시하였다.

보 통과유량 계산을 위한 상·하류 수위 비교 격자는 GATECTL.INP GC7과 GC8에서 정의한다. 상류측 비교격자 위치는 ICMPI, JCMPI, 하류측은 ICMPO, JCMPO이다. 유량이 빠져나가고 부여되는 지점 또는 인접 격자에서는 수치진동이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 비교격자점은 보 유량계산 지점으로부터 약 10개 격자 이상 간격을 두고 설정하는 것을 권장한다. GATECTL.INP GC7과 GC8의 입력 예시를 <그림 4.2.2-3>에 제시하였다.



<그림 4.2.2-1> 보 관련 위치정보 변수의 정의 및 지정 위치

C23	NVBS	NUBW	NUBE	NVBN	NQSIJ	NQJPIJ	NQSER	NQCTL	NQCTLT	NQWR	NQWRSR	ISDIQ
	0	0	0	0	17	0	22	8	8	0	0	0
C32	IQCTLU	JQCTLU	IQCTLD	JQCTLD	NQCTYP	NQCTLQ	NQCMUL	NQC_U	NQC_D	BQC_U	BQC_D	
	5	271	5	269	31	1	0	0	0	0	0	
	6	271	6	269	31	2	0	0	0	0	0	
	6	271	6	269	9	3	0	0	0	0	0	
	6	271	6	269	8	4	0	0	0	0	0	
	5	189	5	187	31	5	0	0	0	0	0	
	6	189	6	187	31	6	0	0	0	0	0	
	6	189	6	187	9	7	0	0	0	0	0	
	6	189	6	187	8	8	0	0	0	0	0	

<그림 4.2.2-2> 보 모듈 격자 구성 예시 (EFDC.INP, C23, C32)

```

-----
GC7 CELL INDEX OF UPSTREAM
* ICMPI: COMPARE CELL I INDEX (UPSTREAM)
* JCMPI: COMPARE CELL J INDEX (UPSTREAM)
*
GC7 ICMPI JCMPI
    5   276 ' *** GATESER_1-1 SC가동보
    6   276 ' *** GATESER_1-2 SC고정보
    6   276 ' *** GATESER_1-3 SC소수력발전
    6   276 ' *** GATESER_1-4 SC어도
    5   194 ' *** GATESER_1-5 JS가동보
    6   194 ' *** GATESER_1-6 JS가동보
    6   194 ' *** GATESER_1-8 JS소수력발전
    6   194 ' *** GATESER_1-9 JS어도
-----
GC8 CELL INDEX OF DOWNSTREAM
* ICMPD: COMPARE CELL I INDEX (DOWNSTREAM)
* JCMPO: COMPARE CELL J INDEX (DOWNSTREAM)
*
GC8 ICMPD JCMPO
    5   264 ' *** GATESER_1-1 SC가동보
    6   264 ' *** GATESER_1-2 SC고정보
    6   264 ' *** GATESER_1-3 SC소수력발전
    6   264 ' *** GATESER_1-4 SC어도
    5   182 ' *** GATESER_1-5 JS가동보
    6   182 ' *** GATESER_1-6 JS가동보
    6   182 ' *** GATESER_1-8 JS소수력발전
    6   182 ' *** GATESER_1-9 JS어도

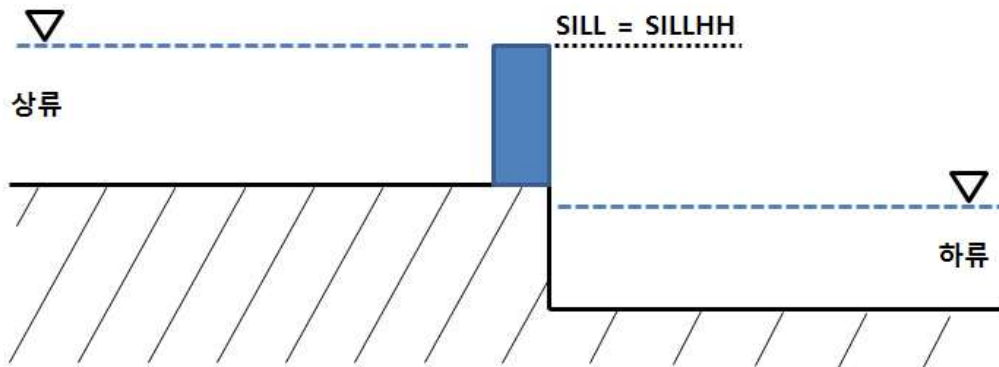
```

<그림 4.2.2-3> 상·하류 수위비교 위치 지정 입력 예시 (GATECTLINP, GC7, GC8)

(2) 보 제원 및 운영방식 지정

1) 고정보

<그림 4.2.2-4>에 고정보 모식도를 제시하였다. 고정보 기능 적용시에는 EFDC.INP C32의 NQCTYP을 '7'로 지정하고(<그림 4.2.2-5>) GATECTL.INP에 고정보 제원을 입력한다(<그림 4.2.2-8>).



<그림 4.2.2-4> 고정보 모식도

C32	IQCTLU	JQCTLU	IQCTLD	JQCTLD	NQCTYP	NQCTLQ	NQCMUL	NQC_U	NQC_D	BQC_U	BQC_D	
3	123	3	121	8	1	0	0	0	0	0	0	!어드
4	123	4	121	7	2	0	0	0	0	0	0	!고정보
5	123	5	121	31	3	0	0	0	0	0	0	!가동보
6	123	6	121	9	4	0	0	0	0	0	0	!소수점발전소
3	5	3	3	7	5	0	0	0	0	0	0	!고정보 하류
4	5	4	3	7	6	0	0	0	0	0	0	!고정보 하류
5	5	5	3	7	7	0	0	0	0	0	0	!고정보 하류
6	5	6	3	7	8	0	0	0	0	0	0	!고정보 하류

<그림 4.2.2-5> 고정보 설정 예시 (EFDC.INP, C32)

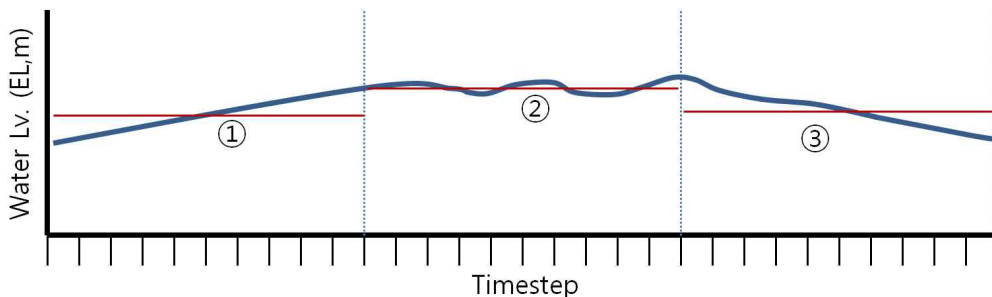
고정보 설정을 위한 GATECTL.INP의 주요 입력 방법을 아래에 제시하였다.

- NGATEM (GC2) : 고정보는 수문이 없기 때문에 '1'로 지정
- NGATEC (GC2) : 고정보를 적용한 격자의 수
- NGTYP (GC2) : GATESER.INP의 시계열 ID 지정 (<그림 4.2.2-6>)

GC2	NGATE	NGATEC	NGTYP	
1	1	1	' *** GATESER_1	어드_상
1	1	2	' *** GATESER_2	고정보_상
3	1	3	' *** GATESER_3	가동보_상

<그림 4.2.2-6> 고정보 격자 수, 시계열 ID 지정 예시 (GATECTL.INP, GC2)

- SILL (GC3) : 고정보 상단표고(EL,m)
- SILLHH (GC3) : SILL 표고와 동일한 값 입력(m) (<그림 4.2.2-4>)
- GATEHI, GATEHO (GC3) : 고정보에서는 사용되지 않음
- GATEWI, GATEWO (GC3) : 고정보 폭(m)
- MAXQ (GC3) : 고정보에서는 사용되지 않음
- GOTIME, GCTIME (GC3) : 0에서 주어진 유량까지 GOTIME 동안 선형적 증가 또는 주어진 유량에서 0까지 GCTIME 동안 선형적으로 감소함. 이는 가동보 수문이 완전히 열리거나 닫히는데 소요되는 시간을 고려하기 위한 기능으로 고정보에서는 사용하지 않는 것을 권장함. 그러나, 고정보의 급한 유량변화를 방지하기 위하여 지정할 수도 있음
- IATS (GC3) : 보 통과유량 산정시 적용되는 상류 평균수위 산정 기간(타임스텝). 이 기간 동안의 평균수위가 계산에 적용됨. <그림 4.2.2-7>에 IATS가 적용된 수위 평균 모식도를 제시하였고, <그림 4.2.2-8>에 입력 예시를 제시하였음. 그림에서 기간①의 평균수위는 기간② 유량계산에 사용됨. 기간②의 평균 수위는 기간③에서 유량계산에 사용됨. IATS를 1로 입력한 경우, 평균 수위를 사용하지 않고 매 타임스텝에 계산된 수위를 적용함



<그림 4.2.2-7> IATS를 적용한 상류수위의 평균값 계산 모식도

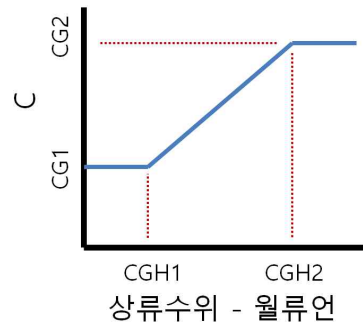
GC3	SILL	SILLHH	GATEHI	GATEHO	GATEWI	GATEWO	MAXQ	GOTIME	GCTIME	IATS
10.00	10.00	0.	0.	0.0	0.0	-1.	20.	20.	1	*** GATESER_1 어드_상
10.00	10.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	0.	0.	1	*** GATESER_2 고정보_상
5.00	10.00	5.	5.	20.0	20.0	-1.	20.	20.	1	*** GATESER_3 가동보_상

<그림 4.2.2-8> 고정보 제원, 수위계산 시간 간격 입력 예시 (GATECTL.INP, GC3)

고정보 유량계수는 GC4의 CGH1, CGH2, CG1, CG2를 이용하여 계산된다.

- CGH1 : '상류수위 - 고정보 상단표고 (상류수위와 고정보 상단표고 높이 차이)'의 최소값
- CGH2 : '상류수위 - 고정보 상단표고'의 최대값
- CG1 : '상류수위 - 고정보 상단표고' 최소값인 경우의 유량계수
- CG2 : '상류수위 - 고정보 상단표고' 최대값인 경우의 유량계수

<그림 4.2.2-9>에 수위에 따른 유량계수 산정 모식도를 제시하였다. 유량계수는 수위에 따라 선형 내삽되어 산정되며, '상류수위 - 고정정보 상단표고'가 최소값과 최대값의 범위를 벗어나면 CG1 또는 CG2가 적용된다. CG3~CG8은 고정정보에서 사용되지 않는다. <그림 4.2.2-10>의 예시에 입력한 CGH1과 CGH2의 값은 각각 0.00과 99.0이고, CG1과 CG2는 0.321이다. 이러한 조건에서는 상류수위와 고정정보 상단표고의 차이가 0m에서 99m까지 동일한 계수인 0.321이 적용된다.



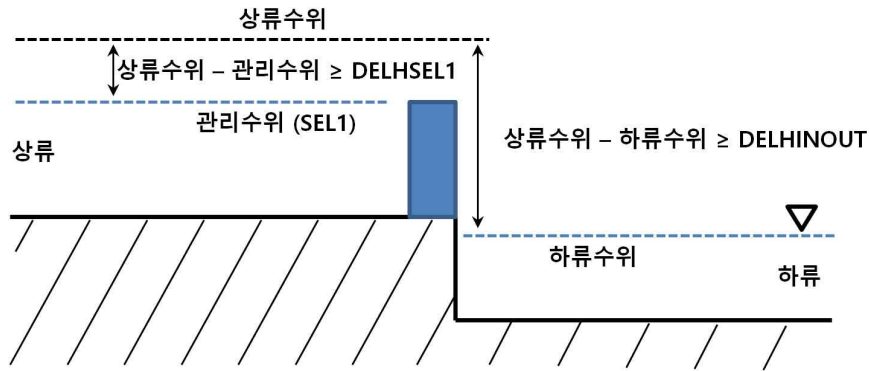
<그림 4.2.2-9> 고정정보 유량계수 산정용 입력 값 모식도

GC4	CGH1	CGH2	CG1	CG2	CG3	CG4	CG5	CG6	CG7	CG8	NCG3FOM				
0.00	99.0	0.321	0.321	0.600	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1	'	***	GATESER_1	어드_상
0.00	99.0	0.321	0.321	0.600	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1	'	***	GATESER_2	고정보_상
0.00	99.0	0.321	0.321	0.600	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1	'	***	GATESER_3	가동보_상

<그림 4.2.2-10> 고정정보 유량계수 입력 예시 (GATECTL.INP, GC3)

상류수위가 고정정보 상단표고(관리수위)보다 높은 경우에만 고정정보 월류가 발생한다. 이를 모델에 반영하기 위하여 GC5의 DELHINOUT, DELHSEL1, SEL1을 설정한다. GC5의 변수 SEL2와 TIDCHK는 사용되지 않는다. <그림 4.2.2-11>에 고정정보에서 유량이 계산되는 경우의 모식도, <그림 4.2.2-12>에 입력 예시를 제시하였다.

- DELHINOUT : 상류수위와 하류수위의 차이(m)
- DELHSEL1 : 상류수위와 고정정보 상단표고(관리수위)의 차이(m)
- SEL1 : 고정정보 상단표고(관리수위, EL,m)



<그림 4.2.2-11> 고정정보 유량계산 조건 모식도

GC5	DELHINOUT	DELHSEL1	SEL1	SEL2	TIDCHK
0.01	0.01	10.0	0.0	-1.	' *** GATESER_1 어드_상
0.01	0.01	10.0	0.0	-1.	' *** GATESER_2 고정정보_상
0.01	0.01	10.0	0.0	-1.	' *** GATESER_3 가동보_상

<그림 4.2.2-12> 고정정보 유량계산 조건 입력 예시 (GATECTL.INP, GC5)

고정정보는 별도의 운영 조건 시계열을 적용할 필요가 없으나 입력자료 일관성을 위해 운영조건을 2줄로 간략하게 작성하는 것을 권장한다. 보 운영 시계열은 GATESER.INP에 입력하며 <그림 4.2.2-13>에 GATESER.INP 입력 예시를 제시하였다. 각 변수 의미는 다음과 같다.

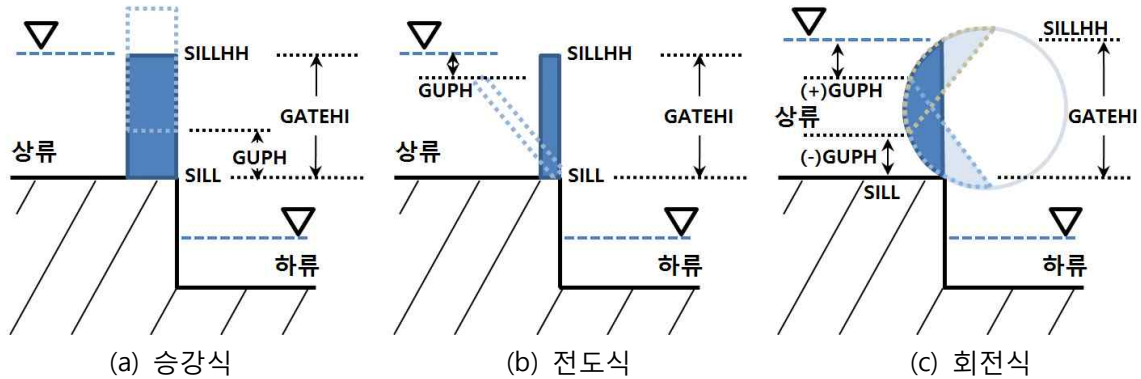
- ISTYP : 0 고정값
- MQCTL : 시계열 입력자료 LINE 수. 고정정보의 경우 2
- GCCSER : REFERENCE TIME. 86400.0(초)로 고정
- GCSER : 시간 (day)
- IAG : 보 가동 여부 지정. 고정정보 운영시 1로 고정
- NGATE : 개방 문수 지정. 고정정보의 경우 1로 고정
- SEL1 : 상류측 수위 지정. 고정정보의 경우 입력된 값이 적용되지 않음. 999.0 입력
- SEL2 : 상류측 상한 수위 지정. 사용하지 않음. 999.0 입력
- GUPH : 수문 개방 높이 지정. 고정정보의 경우 입력된 값이 적용되지 않음. 999.0 입력
- GQSUM : 가동보 운영시 목표 유량 지정. 고정정보의 경우 적용되지 않음. -1. 입력
- GKMUL : 3차원의 경우 층별 유량 비율 지정. 고정정보의 경우 입력된 값이 적용되지 않으며, 최상부층에 1.0이 강제적으로 적용되어 표층으로만 유량이 계산됨

C	ISTYP	MQCTL	GCCSER										
C	GCSER	IAG	NGATE	SEL1	SEL2	GUPH	GQSUM	GKMUL					
C													
0		2	86400.0	'	***	GATESER_1_어드_상							
1.000		1	1	10.00	999.0	999.	10.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
999.0		1	1	10.00	999.0	999.	10.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
0		2	86400.0	'	***	GATESER_2_고정보_상							
1.000		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
999.0		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	

<그림 4.2.2-13> 고정정보 시계열 입력 예시 (GATESER.INP)

2) 가동보

<그림 4.2.2-14>에 승강식, 전도식, 회전식 가동보 모식도를 제시하였음



<그림 4.2.2-14> 가동보 모식도

가동보 기능 적용시 EFDC.INP Card 32의 NQCTYP에 보 형식별 코드를 입력한다(<그림 4.2.2-15>).

- 승강식 가동보 : 31
- 전도식 가동보 : 32
- 회전식 가동보 : 33

C32	IQCTLU	JQCTLU	IQCTLD	JQCTLD	NQCTYP	NQCTLQ	NQCMUL	NQC_U	NQC_D	BQC_U	BQC_D
3	123	3	121	8	1	0	0	0	0	0	!어드
4	123	4	121	7	2	0	0	0	0	0	!고정보
5	123	5	121	31	3	0	0	0	0	0	!가동보

<그림 4.2.2-15> 가동보 적용 격자와 보 형식 입력 예시 (EFDC.INP, C32)

가동보 설정을 위한 GATECTL.INP 구성을 아래에 제시하였다.

- NGATE (GC2) : 가동보 수문 수
- NGATEC (GC2) : 가동보를 적용한 격자 수
- NGTYP (GC2) : GATESER.INP의 가동보 운영 시계열 ID

<그림 4.2.2-16> 입력예시에서 NGATE가 3, NGATEC가 1로 설정되어 있다. 이는 가동보 수문 3개에서 계산된 유량이 격자 1개에 부여됨을 의미한다.

GC2	NGATE	NGATEC	NGTYP
1	1	1	*** GATESER_1 어드_상
1	1	2	*** GATESER_2 고정보_상
3	1	3	*** GATESER_3 가동보_상

<그림 4.2.2-16> 가동보 적용 격자와 보 형식 입력 예시 (EFDC.INP, C32)

<그림 4.2.2-17>에 GATECTLINP의 GC3 입력 예시를 제시하였다.

- SILL (GC3) : 가동보 하단표고(EL,m)
- SILLHH (GC3) : 가동보 미가동시 가동보의 상단표고(EL,m)
- GATEHI, GATEHO (GC3) : 가동보 수문 높이(m)
- GATEWI, GATEWO (GC3) : 가동보의 폭(m)
- MAXQ (GC3) : 가동보 최대 방류량. 미 지정시 -1.
- GOTIME, GCTIME (GC3) : 가동보 수문이 완전히 열리거나 닫히는데 소요되는 시간(min.)
- IATS (GC3) : 보 통과유량 산정시 적용되는 상류 평균수위 산정 기간(타임스텝). <그림 4.2.2-7> 참조
- CG3~CG8 (GC4) : 가동보 유량계수

GC3	SILL	SILLHH	GATEHI	GATEHO	GATEWI	GATEWO	MAXQ	GOTIME	GCTIME	IATS
10.00	10.00	0.	0.	0.0	0.0	-1.	20.	20.	1	*** GATESER_1 어드_상
10.00	10.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	0.	0.	1	*** GATESER_2 고정보_상
5.00	10.00	5.	5.	20.0	20.0	-1.	20.	20.	1	*** GATESER_3 가동보_상

<그림 4.2.2-17> 가동보 제원, 상류수위 평균기간(타임스텝) 입력 예시 (GATECTLINP, GC3)

가동보 운영 조건들 중 시계열 입력조건을 GATESER.INP에 입력한다(<그림 4.2.2-18>).

- MQCTL : 시계열 입력자료 LINE 수
- IAG : 보 가동 여부 지정. 해당 시간에 가동보 운영시 1로 지정
 - 가동보 미 운영 : 0
 - 가동보 운영 : 1
- NGATE : 개방 문수 지정
- SEL1 : 가동보 가동 상류 임계수위 (EL,m) (상류수위 > SEL1 → Q > 0)
- SEL2 : 사용하지 않음. 999.0 입력
- GUPH : 수문 개방 높이 지정(m) (<그림 4.2.2-14> 참조)
 - 승강식 : 입력한 높이만큼 수문이 개방됨 (+ 값만 입력)
 - 전도식 : 입력한 높이만큼 수문이 전도됨 (+ 값만 입력)
 - 회전식 : + 인 경우 상단부가 아래로 향하여 전도식과 동일한 기능을 함
- 인 경우 하단부가 상승하는 승강식과 동일한 기능을 함
- GQSUM : '가동보 사용자 정의' 운영시 목표 유량 지정(m³). IAG가 2인 경우 총 유출유량 입력. 이 경우 GQSUM의 유량이 모두 유출되면 가동보가 차단됨. IAG가 0 또는 1인 경우에는 GQSUM을 -1로 지정
- GKMUL : 3차원의 경우 층별 유량 비율 지정

가동보가 닫혀있는 경우, 모델상류수위가 입력상류수위(SEL1)보다 높을 때 가동보 상단 월류 유량이 자동으로 계산되며, GKMUL과 관계없이 표층으로만 월류한다.

가동보가 열려있는 경우, 상류수위가 가동보 상단부보다 높은 경우에도 가동보 상단을 통하여 월류량을 계산한다. 이때에도 GKMUL 설정과 관계없이 표층으로만 월류한다.

C	ISTYP	MQCTL	GCCSER															
C	GCSER	IAG	NGATE	SEL1	SEL2	GUPH	GQSUM	GKMUL										
C																		
0	2		86400.0	***	GATESER_1_어드_상													
1.000	1	1	10.00	999.0	999.	10.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	! 0 : CLOSE
999.0	1	1	10.00	999.0	999.	10.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	! 1 : AUTO
0	2		86400.0	***	GATESER_2_고정보_상													
1.000	1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	! 0 : CLOSE
999.0	1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	! 1 : AUTO
0	4		86400.0	***	GATESER_3_가동보_상													
1.000	0	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	! 0 : CLOSE
1.100	1	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	! 1 : AUTO
1.900	0	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	! 1 : AUTO
999.0	0	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	! 1 : AUTO

<그림 4.2.2-18> 가동보 운영 시계열 입력 예시 (GATESER.INP)

3) 소수력발전소

소수력발전소 구성을 위해서 EFDC.INP Card 32의 NQCTYP에 '9'를 입력하고GATECTL.INP에 소수력발전소 제원을 입력한다.

- NGATEM (GC2) : 소수력발전기의 수
- NGATEC (GC2) : 소수력발전소를 적용한 격자의 수
- NGTYP (GC2) : GATESER.INP의 소수력발전소 운영 시계열 ID 지정
- SILL (GC3) : 사용하지 않음
- SILLHH (GC3) : 사용하지 않음
- GATEHI, GATEHO (GC3) : 사용하지 않음
- GATEWI, GATEWO (GC3) : 사용하지 않음
- MAXQ (GC3) : 사용하지 않음
- GOTIME, GCTIME (GC3) : 소수력발전소가 완전히 작동되기까지 소요시간(min.)
- IATS (GC3) : 상하류 수위차 계산에 사용되는 상류 평균수위 산정 기간 (타임스텝 수).

'4.2.1. 고정보' 부분의 <그림 Ⅲ.4-3> 참조

- GC4의 유량계수는 사용하지 않음

소수력발전소 시계열 운영을 위하여 GATESER.INP에 시계열 조건을 입력한다.

- MQCTL : 시계열 입력자료 LINE 수
- IAG : 가동 여부 지정. 해당 시간에 소수력발전소 운영시 1, 미 운영시 0 입력
- NGATE : 가동 발전기의 수 지정
- SEL1 : 발전소 유량계산을 위한 최소 수위 지정(EL,m). 상류 수위가 SEL1보다 큰 경우 발전소가 가동되고 유량 발생
- SEL2 : 발전소 유량계산을 위한 최고 수위 지정(EL,m)
- GUPH : 상류수위가 SEL1인 경우 유량 지정(m^3/s)
- GQSUM : 상류수위가 SEL2인 경우 유량 지정(m^3/s) (SEL1 < 상류수위 < SEL2인 경우 GUPH과 GQSUM을 선형 보간하여 유량 산정)
- GKMUL : 3차원의 경우 층별 유량 비율 지정

4) 어도

어도 기능 적용시 EFDC.INP Card 32의 NQCTYP에 '8'을 입력하고, GATECTL.INP에 어도 제원을 입력한다.

- NGATEM (GC2) : 어도의 수
- NGATEC (GC2) : 어도를 적용한 격자의 수
- NGTYP (GC2) : GATESER.INP의 어도 운영 시계열 ID 지정
- SILL (GC3) : 사용하지 않음
- SILLHH (GC3) : 사용하지 않음
- GATEHI, GATEHO (GC3) : 사용하지 않음
- GATEWI, GATEWO (GC3) : 사용하지 않음
- MAXQ (GC3) : 사용하지 않음
- GOTIME, GCTIME (GC3) : 어도가 완전히 작동되기까지의 소요 시간(min.)
- IATS (GC3) : 상하류 수위차 계산에 사용되는 상류 평균수위 산정 기간 (타임스텝 수).
<그림 4.2.2-7> 참조
- GC4의 유량계수는 사용하지 않음

어도 시계열운명을 GATESER.INP에서 시계열 조건을 입력한다.

- MQCTL : 시계열 입력자료 LINE 수
- IAG : 가동 여부 지정. 운영시 1, 미 운영시 0 입력
- NGATE : 어도의 수 지정
- SEL1 : 어도 유량 발생 임계수위(EL,m). (상류수위 > SEL1 $\rightarrow$ Q > 0)
- SEL2 : 사용하지 않음

- GUPH : 사용하지 않음
- GQSUM : 해당 시간의 어도 유량 지정(m^3/s)
- GKMUL : 3차원의 경우 층별 유량 비율 지정

5) 하구둑, 댐

하구둑이나 댐 기능 적용시 EFDC.INP Card 32에 상류에서 유량이 빠져나가는 격자 위치 (IQCTLU, JQCTLU)를 지정하고 하류에서 유량이 부여되는 격자 위치 (IQCTLD, JQCTLD)는 0으로 지정한다. 그리고 NQCTYP에 '6'을 입력한다.(<그림 4.2.2-19>).

C32	IQCTLU	JQCTLU	IQCTLD	JQCTLD	NQCTYP	NQCTLQ	NQCMUL	NQC_U	NQC_D	BQC_U	BQC_D
7	341	0	0	6	38	0	0	0	0	0	0 * 할당out38_out기능
8	341	0	0	6	39	0	0	0	0	0	0 * 할당out39_out기능
9	341	0	0	6	40	0	0	0	0	0	0 * 할당out40_out기능
10	341	0	0	6	41	0	0	0	0	0	0 * 할당out41_out기능

<그림 4.2.2-19> 하구둑이나 댐 적용시 EFDC.INP C32 설정 예시

GATECTL.INP에 하구둑이나 댐 제원을 입력한다.

- NGATEM (GC2) : 수문의 수
- NGATEC (GC2) : 수문을 적용한 격자의 수
- NGTYP (GC2) : 수문 운영 시계열 ID 지정
(GATESER.INP에 지정된 정보를 사용하지 않으나 가상의 시계열이 필요함)
- SILL (GC3) : 수문의 하단표고 (EL,m)
- SILLHH (GC3) : 수문의 상단표고 (EL,m)
- GATEHI, GATEHO (GC3) : 수문 높이 (m)
- GATEWI, GATEWO (GC3) : 수문 폭 (m)
- MAXQ (GC3) : 하구둑 최대 방류량 (m^3/s), 사용하지 않을 경우 -1
- GOTIME, GCTIME (GC3) : 수문 완전개방 또는 완전폐쇄 소요 시간 (min.)
- IATS (GC3) : 상하류 수위차 계산에 사용되는 상류 평균수위 산정 기간 (타임스텝 수).

<그림 4.2.2-7> 참조

- CG1~4 (GC4) : 유량계수. 흐름상태별로 유량계수가 아래와 같이 적용됨. 가동보에서 적용한 변수와 다르므로 주의해야함
 - CG1 : 완전월류
 - CG2 : 수중웨어
 - CG3 : 완전오리피스
 - CG4 : 수중오리피스
- DELHINOUT(GC5) : 상하류 임계 수위차 (m) (상하류 수위차 > DELHINOUT → $Q > 0$)

- DELHSEL1(GC5) : 임계 수위차 (m) (상류수위 > 고정보 상단표고+DELHSEL1 → Q > 0)
- SEL1, SEL2(GC5) : 사용하지 않음
- TIDCHK : 사용하지 않음. -1 지정
- NICMP, NOCMP(GC6) : 상류 및 하류측 수위 비교 격자 수
- ICMPI, JCMPI(GC7) : 상류측 수위 비교 격자 번호
- ICMPO, JCMPO(GC8) : 하류측 수위 비교 격자 번호. I, J 모두 0으로 설정

0	0	' *** 팔당out38_out기능
0	0	' *** 팔당out38_out기능
0	0	' *** 팔당out38_out기능
0	0	' *** 팔당out38_out기능

<그림 4.2.2-20> 하구둑이나 댐 적용시 GATECTLINP GC8 설정 예시

- IGY, IGMM, IGDD(GC9) : 수위시계열 비교 시작 연, 월, 일 지정
- CLOC(GC9) : 수위 지점 이름. 파일 이름에 사용 됨.

GC9	IGYY	IGMM	IGDD	CLOC
2018	1	1	'PALDANG'	' *** 팔당out38_out기능
2018	1	1	'PALDANG'	' *** 팔당out38_out기능
2018	1	1	'PALDANG'	' *** 팔당out38_out기능
2018	1	1	'PALDANG'	' *** 팔당out38_out기능

<그림 4.2.2-21> 하구둑이나 댐 적용시 GATECTLINP GC9 설정 예시

하류측 수위 시계열 파일은 GC9 CLOC 변수의 이름과 연도의 조합으로 구성한다. 연도는 2011~2020년 모의 시 2020을 적용하여 'PALDANG2020.INP'로 구성한다. 최대 10년치의 수위 시계열 지정이 가능하다. 수위 시계열은 연, 월, 시, 수위로 구성한다 (<그림 4.2.2-22>).

PALDANG2020.INP			
YYYY	DD	HH	TIDE (EL, m)
2018	1	0.000	24.199
2018	1	1.000	24.961
2018	1	2.000	24.914
2018	1	3.000	24.011
2018	1	4.000	24.221
2018	1	5.000	24.487

<그림 4.2.2-22> 하구둑이나 댐 적용시 하류 수위 시계열 구성 예시

4.3 조류 관련 기능

4.3.1 다중 조류 종

(1) 입력파일 구조

1) 다중 조류 종 모의를 위한 주 제어파일 WQ3DWC2.INP

기존 EFDC는 조류를 동시에 3종까지 모의할 수 있으나, 이를 개선하여 원하는 종수(n) 만큼 입력하도록 하였다. 동시모의 종수 제한은 없다. EFDC 기존 기능의 연속성을 확보하기 위하여 EFDC 주 제어파일인 EFDC.INP과 수질 주 제어파일인 WQ3DWC.INP의 입력구조는 기존과 동일하다. 따라서 EFDC 입·출력 파일 관리 및 결과 가시화 프로그램인 EFDC Explorer의 사용이 가능하다(다중 조류 종 제외).

다중 조류 종을 모의하기 위해 별도 입력파일인 WQ3DWC2.INP 파일이 필요하다. 다중 조류 종의 주 제어 파일인 WQ3DWC2.INP을 설정하여 추가 종의 초기값 (WQWCRSTX.INP), 시·공간적 반응계수 설정(WQALGGX.INP)이 가능하다. 추가로 생성된 입력파일은 기존 3개종 파라미터를 동시에 제어할 수 있도록 구성하였으며, 기존 입력파일과 유사한 형태로 구성하였다. <표 4.3.1-1>에 다중 조류 종 모의를 위한 변수를 제시하였다.

<표 4.3.1-1> 다중 조류 종 모의를 위한 신규 변수 목록

변수명	배열크기	단위	형식	내용	관련 서브루틴	입출력
NXSP	-	-	I	동시모의 조류 종 수	Var_Global_Mod.f90 VARALLOC.for, RWQC1.for, WQSKE3.for, EEXPOUT.for	WQ3DWC2 .INP
IWQX	NXSP	-	I	조류 종 구분	Var_Global_Mod.f90 VARALLOC.for, RWQC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
WQVX	LCMWQ, KCM, NXSP	mg/L	R	조류종별 현 timestep 농도	Var_Global_Mod.f90 VARALLOC.for, WQSKE3.for, EEXPOUT.for	EE_WQX. OUT
WQVOX	LCMWQ, KCM, NXSP	mg/L	R	조류종별 이전 timestep 농도	Var_Global_Mod.f90 VARALLOC.for, WQSKE3.for, EEXPOUT.for	EE_WQX. OUT
KHNX	NXSP	mg/L	R	DON 배설 관련 질소 반포화 상수	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
KHPX	NXSP	mg/L	R	DOP 배설 관련 인 반포화 상수	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
KHSX	NXSP	mg/L	R	배설 관련 실리카 반포화 상수	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
STOXX	NXSP	-	R	남조류 염분 독성 기능 스위치	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP

CCHLX	NXSP	mg C	R	클로로필- <i>a</i> : 탄소비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
DOPTX	NXSP	m	R	조류 최적 성장 수심	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
FCDX	NXSP	-	R	조류 사멸시 탄소 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
KHRX	NXSP	-	R	DOC 배설 관련 DO 반포화상수	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
FPRX	NXSP	-	R	배설 관련 RPOP 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
FPLX	NXSP	-	R	배설 관련 LPOP 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
FPDX	NXSP	-	R	배설 관련 DOP 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
FPIX	NXSP	-	R	배설 관련 PO ₄ -P 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
FNRX	NXSP	-	R	배설 관련 RPON 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
FNLX	NXSP	-	R	배설 관련 LPON 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
FNDX	NXSP	-	R	배설 관련 DON 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
FNIX	NXSP	-	R	배설 관련 DIN 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
ANCX	NXSP	-	R	탄소 : 질소 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
FSPPX	NXSP	-	R	포식 관련 유기성 Si 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
FSIPX	NXSP	-	R	포식 관련 무기성 Si 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
FSPDX	NXSP	-	R	기초대사 관련 유기성 Si 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
FSIDX	NXSP	-	R	기초대사 관련 무기성 Si 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
ASCX	NXSP	-	R	규조류 내 탄소 : Si 비	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
PMX	NXSP,ZN	1/day	R	종별 최대 성장율	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
BMRX	NXSP,ZN	1/day	R	종별 기초대사율 (호흡, 분비, 사멸 포함)	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
PRRX	NXSP,ZN	1/day	R	종별 포식율	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
WSX	NXSP,ZN	m/day	R	종별 침강 속도	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
TMX1	NXSP	°C	R	종별 최적 성장 수온 하한치	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
TMX2	NXSP	°C	R	종별 최적 성장 수온 상한치	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
TMPX1	NXSP	°C	R	규조류 포식 최적 수온 하한치	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP

TMPX2	NXSP	°C	R	규조류 포식 최적 수온 상한치	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
KTG1X	NXSP	°C ⁻²	R	종별 성장 관련 하한 수온 계수	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
KTG2X	NXSP	°C ⁻²	R	종별 성장 관련 상한 수온 계수	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
KTGP1X	NXSP	°C ⁻²	R	규조류 포식 관련 하한 수온 계수	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
KTGP2X	NXSP	°C ⁻²	R	규조류 포식 관련 상한 수온 계수	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
TRX	NXSP	°C	R	종별 기초대사 관련 기준 수온	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
KTBX	NXSP	°C ⁻¹	R	종별 기초대사 관련 수온 계수	Var_Global_Mod.f90 RQWC1.for, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
WQGNX	NXSP	-	R	질소 반응 임시변수	Var_Global_Mod.f90, WQSKE3.for	-
WQGPX	NXSP	-	R	인 반응 임시변수	Var_Global_Mod.f90, WQSKE3.for	-
WQF1NX	NXSP	-	R	질소-인 반응 임시변수	Var_Global_Mod.f90, WQSKE3.for	-
XLIMNX	LCMMWQKCM, NXSP	-	R	질소에 대한 조류성장 제한인자	Var_Global_Mod.f90, WQSKE3.for	-
XLIMPX	LCMMWQKCM, NXSP	-	R	인에 대한 조류성장 제한인자	Var_Global_Mod.f90, WQSKE3.for	-
XLIMIX	LCMMWQKCM, NXSP	-	R	광에 대한 조류성장 제한인자	Var_Global_Mod.f90, WQSKE3.for	-
XLIMTX	LCMMWQKCM, NXSP	-	R	수온에 대한 조류성장 제한인자	Var_Global_Mod.f90, WQSKE3.for	-

3종을 초과하는 다중 조류 종 모의를 위한 파라미터 입력 방법을 아래에 제시하였다. 이 기능은 기존 3개종과 함께 사용할 수도 있다. 우선 동시 모의되는 조류의 수와 각 종의 종류를 설정한다. <그림 4.3.1-1>과 <그림 4.3.1-2>, <표 4.3.1-2>와 <표 4.3.1-3>에 입력항목을 제시하였다. 동시모의 조류의 수(NXSP) 수만큼의 line으로 반복 구성해야 한다.

n종 조류의 반응기작 관련 계수를 <그림 4.3.1-3>~<그림 4.3.1-15>과 <표 4.3.1-4>~<표 4.3.1-16>에 제시하였다. n종의 계수 입력 순서는 WQ3DWC.INP 기준으로 구성하였다. n종 계수 입력조건 설명 부분에 WQ3DWC.INP의 Card 번호도 함께 제시였다.

n종의 초기농도를 상수로 설정할 경우 <그림 4.3.1-16>과 <표 4.3.1-17>에 제시된 변수를 설정한다. IWQICX 값이 1일 경우 초기농도의 공간분포를 정의할 수 있다. 이 경우 초기농도 공간분포 정보가 수록된 WQWCRSTX.INP 파일을 참조하며, 이 파일의 형식은 기존 WQWCRST.INP와 동일하다.

남조류 수직이동 기작 및 휴먼포자 발아기작과 관련된 계수들을 <그림 4.3.1-17>~<그림 4.3.1-20>과 <표 4.3.1-18>~<표 4.3.1-21>에 각각 제시하였다.

다중 조류 종의 point source loading 시계열 조건 설정과 관련된 정보를 <그림 4.3.1-21>과 <표 4.3.1-22>에 제시하였다. 시계열 파일 형식은 기존 CWQSR##.INP과 동일하며, n종 시계열 파일이름은 CWQSRX##.INP와 같이 숫자 앞에 X가 포함된다. n종의 총 입력 시계열 개수(개방경계와 point source의 개수) 설정 후 격자별 point source loading 입력 시계열 번호를 입력한다. 이 경우 기존 WQ3DWC.INP의 C48의 총 입력 시계열 개수와 격자정보를 그대로 입력한다.

다중 조류 종 모듈은 기존 EFDC 조류 종(3가지)에 대한 반응식을 그대로 사용하였다. 예를 들어 Cyanobacteria는 염분 독성이 있고, Diatom은 규소 농도 제한을 받는다. 사용자가 다중 조류 종을 입력하기 위해서는 기존 조류 종 정보(1 : Cyanobacteria, 2 : Diatom, 3 : Green algae)를 입력하여야 한다.

다중 조류 종 모듈도 기존과 같이 남조류 염분독성 기능을 적용할 수 있다. 이 기능을 사용하기 위해서는 기존 WQ3DWC.INP C03에서 IWQSTOX를 '1'로 설정한 후 WQ3DWC2.INP C02에서 해당 조류를 '1'(cyanobacteria)로 정의하고 C03에서 기존 염분을 설정한다.

```
C01 Number of X-species
C
C   NXSP = Number of X-species water column variables
C
C01 NXSP
    1
```

<그림 4.3.1-1> 동시 모의 종수 (C1)

<표 4.3.1-2> 다중 조류 종 개수 (C1)

위치	변수명	형식	단위	내용
C1	NXSP	I	-	기존 3종 이외 추가로 모의할 조류의 수(n) 입력 0 입력시 다중 조류 종 모의 기능은 작동하지 않음

```
C02 X-species
C
C   1 = cyano
C   2 = diatom
C   3 = green
C
C02 IWQX
    1 ! 1 = cyano
```

<그림 4.3.1-2> 다중 조류 종 설정 (C2)

<표 4.3.1-3> 다중 조류 종 설정 (C2)

위치	변수명	형식	단위	내용
C2	IWQX	I	-	다중 조류 종 설정 1 : Cyanobacteria 2 : Diatom 3 : Green algae

```

C03 constant parameters for X-species (C08 in WQ3DWC.INP)
C
C   KHNX = nitrogen half-saturation for X-species (mg/L)
C   KHPX = phosphorus half-saturation for X-species (mg/L)
C   KHSX = silica half-saturation for X-species (algae diatoms) (mg/L)
C   STOX = salinity at which microcystis growth is halved for X-species (cyanobacteria)
C
C03   KHNX   KHPX   KHSX   STOXX
      .05   .0015   0.1    1.0   ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-3> 다중 조류 종의 C3 입력항목

<표 4.3.1-4> 다중 조류 종의 영양염 반포화 상수와 염분 독성 설정 (C3)

위치	변수명	형식	단위	내용
C3	KHNX	R	mg/L	DON 배설 관련 질소 반 포화 상수
	KHPX	R	mg/L	DOP 배설 관련 인 반 포화 상수
	KHSX	R	mg/L	배설 관련 실리카 반 포화 상수
	STOXX	R	-	남조류 염분 독성 기능 스위치

```

C04 constant parameters for X-species (C09 in WQ3DWC.INP)
C
C   CChlX = carbon-to-chlorophyll ratio for X-species (mg C / ug Chl)
C   DOPTX = optimal depth (m) for X-species growth
C
C04   CChlX   DOPTX
      0.06    1.0   ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-4> 다중 조류 종의 C4 입력항목

<표 4.3.1-5> 다중 조류 종의 탄소 비와 최적 성장 수심 설정 (C4)

위치	변수명	형식	단위	내용
C4	CChlx	R	mg C/μg Chl-a	클로로필- <i>a</i> : 탄소 비
	DOPTX	R	m	조류 최적 성장 수심

```

C05 constant parameters for X-species (C11 in WQ3DWC.INP)
C
C   TMX1 = lower optimal temperature for X-species growth (degC)
C   TMX2 = upper optimal temperature for X-species growth (degC)
C   Tmp1 = lower optimal temperature for diatom predation (degC)
C   Tmp2 = upper optimal temperature for diatom predation (degC)
C
C05 TMX1   TMX2   Tmp1   Tmp2
    20.0   23.5    2.0    7.0   ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-5> 다중 조류 종의 C5 입력항목

<표 4.3.1-6> 다중 조류 종의 최적 수온 설정 (C5)

위치	변수명	형식	단위	내용
C5	TMX1	R	°C	최적 성장 수온 하한치
	TMX2	R	°C	최적 성장 수온 상한치
	Tmp1	R	°C	규조류 포식 최적 수온 하한치
	Tmp2	R	°C	규조류 포식 최적 수온 상한치

```

C06 constant parameters for X-species (C12 in WQ3DWC.INP)
C
C   KTGX1 = suboptimal temperature effect coef. for X-species growth
C   KTGX2 = superoptimal temperature effect coef. for X-species growth
C   KTG1p = suboptimal temperature effect coef. for diatom predation growth
C   KTG2p = superoptimal temperature effect coef. for diatom predation growth
C
C06 KTGX1 KTGX2 KTG1p KTG2p
    .500   .500   .008   .008   ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-6> 다중 조류 종의 C6 입력항목

<표 4.3.1-7> 다중 조류 종의 성장 수온 계수 설정 (C6)

위치	변수명	형식	단위	내용
C6	KTGX1	R	-	조류 성장 관련 하한 수온 계수
	KTGX2	R	-	조류 성장 관련 상한 수온 계수
	KTG1p	R	-	규조류 포식 관련 하한 수온 계수
	KTG2p	R	-	규조류 포식 관련 상한 수온 계수

```

C07 constant parameters for X-species (C13 in WQ3DWC.INP)
C   TRX = reference temperature for X-species metabolism (degC)
C   KTBX = temperature effect coef. for X-species metabolism
C
C07 TRX   KTBX
    20.0    .2   ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-7> 다중 조류 종의 C7 입력항목

<표 4.3.1-8> 다중 조류 종의 사멸 계수 설정 (C7)

위치	변수명	형식	단위	내용
C7	TRX	R	°C	종별 기초대사 관련 기준 수온
	KTBX	R	-	종별 기초대사 관련 수온 계수

```

C08 constant parameters for CARBON (C14 in WQ3DWC.INP)
C
C   FCDX = carbon distribution coef. for X-species metabolism
C   KHRX = half-sat. constant (gO2/m3) for X-species DOC excretion
C Note: FCRP + FCLP + FCDP = 1.0
C
C08 FCDX   KHRX
      0.0   0.5   ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-8> 다중 조류 종의 C8 입력항목

<표 4.3.1-9> 다중 조류 종의 탄소 계수 설정 (C8)

위치	변수명	형식	단위	내용
C8	FCDX	R	-	조류 사멸시 탄소 비
	KHRX	R	gO_2/m^3	DOC 배설 관련 DO 반포화 상수

```

C09 constant parameters for PHOSPHORUS (C18 in WQ3DWC.INP) $$
C
C   FPRX = phos. distribution coef. of RPOP for X-species metabolism
C   FPLX = phos. distribution coef. of LPOP for X-species metabolism
C Note, the following must sum to 1.0:
C       FPRP + FPLP + FPDp + FPIp = 1.0
C       FPRc + FPLc + FPDc + FPIc = 1.0
C       FPRd + FPLd + FPDd + FPId = 1.0
C       FPRg + FPLg + FPDg + FPIg = 1.0
C
C09 FPRX   FPLX
      0.0   0.2   ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-9> 다중 조류 종의 C9 입력항목

<표 4.3.1-10> 다중 조류 종의 인 비율 설정 (C9)

위치	변수명	형식	단위	내용
C9	FPRX	R	-	배설 관련 RPOP 비
	FPLX	R	-	배설 관련 LPOP 비

```

C10 constant parameters for PHOSPHORUS (C20 in WQ3DWC.INP)
C   FPDx = phosphorus distribution coef. of DOP for X-species metabolism
C   FPIx = phosphorus distribution coef. of P4T for X-species metabolism
C Notes, the following must sum to 1.0:
C       FPRc + FPLc + FPDc + FPIc = 1.0
C       FPRd + FPLd + FPDd + FPId = 1.0
C       FPRg + FPLg + FPDg + FPIg = 1.0
C
C10 FPDx    FPIx
      0.4    0.4    ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-10> 다중 조류 종의 C10 입력항목

<표 4.3.1-11> 다중 조류 종의 인 비율 설정 (C10)

위치	변수명	형식	단위	내용
C10	FPDX	R	-	배설 관련 DOP 비
	FPIX	R	-	배설 관련 PO ₄ 비

```

C11 constant parameters for NITROGEN (C22 in WQ3DWC.INP) $$
C
C   FNRx = nitrogen distribution coef. of RPON for X-species metabolism
C   FNLx = nitrogen distribution coef. of LPON for X-species metabolism
C
C11 FNRx    FNLx
      0.0    0.2    ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-11> 다중 조류 종의 C11 입력항목

<표 4.3.1-12> 다중 조류 종의 질소 비율 설정 (C11)

위치	변수명	형식	단위	내용
C11	FNRx	R	-	배설 관련 RPON 비
	FNLx	R	-	배설 관련 LPON 비

```

C12 constant parameters for NITROGEN (C24 in WQ3DWC.INP)
C   FNDx = nitrogen distribution coef. of DON for X-species metabolism
C   FNIX = nitrogen distribution coef. of DIN for X-species metabolism
C   ANCx = nitrogen-to-carbon ratio for X-species
C Note: FNRx + FNLx + FNDx + FNIX = 1.0
C
C12 FNDx    FNIX    ANCx
      0.4    0.4    0.18    ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-12> 다중 조류 종의 C12 입력항목

<표 4.3.1-13> 다중 조류 종의 질소 비율 설정 (C12)

위치	변수명	형식	단위	내용
C12	FNDX	R	-	배설 관련 DON 비
	FNIX	R	-	배설 관련 DIN 비
	ANCX	R	-	탄소 : 질소 비

```

C13 constant parameters for SILICA (C27 in WQ3DWC.INP)
C
C   FSPPX = silica distribution coef. for diatom predation
C   FSIPX = silica distribution coef. for diatom predation
C   FSPX  = silica distribution coef. for diatom metabolism
C   FSIX  = silica distribution coef. for diatom metabolism
C   ASCX  = silica-to-carbon ratio for algae diatoms
C
C13 FSPPX   FSIPX   FSPX   FSIX   ASCX
      1       0       1       0     .2   ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-13> 다중 조류 종의 C13 입력항목

<표 4.3.1-14> 다중 조류 종의 실리카 계수 설정 (C13)

위치	변수명	형식	단위	내용
C13	FSPPX	R	-	포식 관련 유기성 Si 비
	FSIPX	R	-	포식 관련 무기성 Si 비
	FSPX	R	-	기초대사 관련 유기성 Si 비
	FSIX	R	-	기초대사 관련 무기성 Si 비
	ASCX	R	-	탄소 : 실리카 비

```

C14 spatially/temporally constant ALGAL PARAMETERS (/d except Keb in /m) (C45 in WQ3DWC.INP)
C
C   PMX = max. growth rate for X-species (1/day)
C   BMRX = basal metabolism rate for X-species (1/day)
C   PRRX = predation rate on X-species (1/day)
C
C14 PMX   BMRX   PRRX
      0.0   0.0   0.0   ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-14> 다중 조류 종의 C14 입력항목

<표 4.3.1-15> 다중 조류 종의 최대 성장을 사멸율, 포식율 설정 (C14)

위치	변수명	형식	단위	내용
C14	PMX	R	day ⁻¹	종별 최대 성장율
	BMRX	R	day ⁻¹	종별 기초대사율(호흡, 분비, 사멸 포함)
	PRRX	R	day ⁻¹	종별 포식율

```

C15 spatially/temporally constant SETTLING VELOCITIES (m/d) (C46 in WQ3DWC.INP)
C
C   WSX = settling velocity for X-species (m/day)
C
C15 WSX
    0.0    ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-15> 다중 조류 종의 C15 입력항목

<표 4.3.1-16> 다중 조류 종의 침강속도 설정 (C15)

위치	변수명	형식	단위	내용
C15	WSX	R	m/day	종별 기준침강 속도

```

C16 const IC
    0      ! IWQICIX 0 = spatially constant initial conditions (card C16), 1 = read initial conditions from WQWCRSTX.
    0.600000 ! 1 = cyano

```

<그림 4.3.1-16> 다중 조류 종의 C16 입력항목

<표 4.3.1-17> 다중 조류 종의 초기농도 설정 (C16)

위치	변수명	형식	단위	내용
C16	IWQICIX	I	-	0 : 공간적으로 동일한 초기값 설정. 아래의 WQVX 입력 1 : WQWCRSTX.INP로부터 공간분포 설정
	WQVX	R	gC/m ³	공간적으로 동일한 다중 조류 종의 초기 농도

```

C17-1 CYANOBACTERIA VERTICAL MIGRATION - ALGAL DENSITY
C
C ISSTOKE :
C WQROHO : INITIAL DENSITY
C WQRHOMN : algae maximum density (1070.) [kg m-3]
C WQRHOMX : algae maximum density (955. ) [kg m-3]
C WQIRHALF : half saturation irradiance for mximum rate of
C           density increase (25.0 ) [(micro_mol m-2 s-1)-1]
C WQCOEF1 : rate constant of density increase (0.132 ) [kg m-3 min-1]
C WQCOEF2 : rate constant of density decrease (0.0000167) [kg m-3 min-1 (micro_mol m-2 s-1)-1]
C WQCOEF3 : minimum rate of density increase (0.023 ) [kg m-3 min-1]
C
C17-1 ISSTOKE WQROHO WQRHOMN WQRHOMX WQIRHALF WQCOEF1 WQCOEF2 WQCOEF3
      1      1000.    955.    1070.    25.0    0.13    0.001    0.03
C-----
C17-2 CYANOBACTERIA VERTICAL MIGRATION - General parameter
C
C L_Factor1 : Conver light unit (W/m2 -> umol photons/m2/s)
C17-2 L_Factor1
      1.0

```

<그림 4.3.1-17> 다중 조류 종의 C17 입력항목

<표 4.3.1-18> 다중 조류 중 중 남조류의 수직 이동 기작 설정 (C17)

위치	변수명	형식	단위	내용
C17-1	ISSTOKE	I	-	0 : 수직 이동 기작 off 1 : 수직 이동 기작 on
	WQROH0	R	kg/m ³	조류 초기 밀도
	WQRHOMN	R	kg/m ³	조류 최소 밀도
	WQRHOMX	R	kg/m ³	조류 최고 밀도
	WQIRHALF	R	-	밀도 증가의 최대 비율에 대한 반 포화 광
	WQCOEF1	R	-	밀도 증가 비율
	WQCOEF2	R	-	밀도 감소 비율
	WQCOEF3	R	-	밀도 증가 최소 비율
C17-2	L_Factor1	R	-	일사량 단위 변환 계수 (W/m ² → umol photons/m ² /s)

```

C18 CYANOBACTERIA VERTICAL MIGRATION - STOKES VELOCITY
C
C WQR      : algae EFFECTIVE RADIUS      (0.000300)      [m]
C WQA      : portion of cell volume relative to colony volume (1.0) [-]
C WQRESIS  : coeff. of form resistance    (1.0)      [-]
C
C          10.0
C18 WQR      WQA      WQRESIS
0.000200    1.0      10.0

```

<그림 4.3.1-18> 다중 조류 중의 C18 입력항목

<표 4.3.1-19> 다중 조류 중 중 남조류의 수직 이동 기작 설정 (C18)

위치	변수명	형식	단위	내용
C18	WQR	R	m	조류 유효 반지름
	WQA	R	-	세포 부피 비율
	WQRESIS	R	-	저항 계수

```

C19 Environmental condition
C
C ISCYANO   : Switch of benthic cyanobacteria
C NSZONE    : Number of benthic cyanobacteria zone
C CONCYA    : Convert coefficient for Cell to concentration
C TGERMI    : Total germination (%)
C KCG       : Half saturation for germination (day)
C DTIME     : Duration of germination (day)
C CYA_TEM    : Over temperature (degree)
C CYA_P4D   : Over phosphate (mg/L)
C CYA_NO3   : Over nitrate nitrogen (mg/L)
C CYA_Light2 : Over Light (umol photons/m2/s)
C L_Factor  : Conver light unit (umol photons/m2/s -> W/m2)
C AT        : Temperature & Light average time ((Hour*3600)/(DT*WQKDPT))
C
C19 ISCYANO NSZONE CONCYA TGERMI KCG DTIME CYA_TEM CYA_P4D CYA_NO3 CYA_Light2 L_factor AT
0          9      0.144    100    0.5   15    22.9    0.01    1.5     50        1    24

```

<그림 4.3.1-19> 다중 조류 중의 C19 입력항목

<표 4.3.1-20> 다중 조류 중 중 남조류의 내부 순환 환경 조건 설정 (C19)

위치	변수명	형식	단위	내용
C19	ISCYANO	I	-	0 : 조류 내부순환 기작 Off
			-	1 : 조류 내부순환 기작 On
	NZONE	I	-	휴면포자를 포함한 퇴적층 Zone의 개수
	CONCYA	R	pg/cell	조류농도 환산 계수
	TGERMI	R	%	총 발아율
	KCG	R	day	휴면포자 발아율에 대한 반포화상수
	DTIME	R	day	휴면포자 발아지속 시간
	CYA_TEM	R	°C	수온 발아조건
	CYA_P4D	R	mg/L	인산염 인 발아조건
	CYA_NO3	R	mg/L	질산성 질소 발아조건
	CYA_Light	R	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	광 발아조건
	L_factor	R	-	광도 환산계수
	AT	I	-	수온 및 광 평균시간(Time step)

```

C20 Zone & Cell number
C
C MM      : Zone number
C NUM_CELL : Cyanobactetia cell number (CELL/m2)
C
C20 MM      NUM_CELL

```

<그림 4.3.1-20> 다중 조류 종의 C20 입력항목

<표 4.3.1-21> 다중 조류 중 중 구역별 휴면포자 Cell 수 설정 (C20)

위치	변수명	형식	단위	내용
C20	MM	I	-	Zone number
	NUM_CELL	R	Cell	휴면포자 총 Cell 개수

```

C21 CWQSRX##.INP (C30 in WQ3DWC.INP)
C
C CONCENTRATION TIME SERIES DATA FOR OPEN BOUNDARIES $$
C NUMBER OF TIME SERIES FOR EACH STATE VARIABLE
C
C21 NWQCSRX
    0      ! 1 = cyano
C I    J    K    N      ! Not use K

```

<그림 4.3.1-21> 다중 조류 종의 C21 입력항목

<표 4.3.1-22> 조류의 개방경계 및 point source loading 시계열 조건

위치	변수명	형식	단위	내용
C21	NWQCSRX	I	-	개방경계의 시계열 set 번호
	I	I	-	Point source 격자의 I index
	J	I	-	Point source 격자의 J index
	K	I	-	Point source 격자의 K index
	N	I	-	Point source loading 시계열 set 번호

2) 다중 조류 중 초기조건 공간분포 설정 파일 WQWCRSTX.INP

IWQICX(WQ3DWC2.INP C16)가 1일 경우 WQWCRSTX.INP에 다중 조류 종의 초기농도 공간분포를 격자별로 지정할 수 있다(<표 4.3.1-16> 참조). WQWCRSTX.INP의 입력 항목을 <표 4.3.1-22>에 제시하였으며, WQWCRSTX.INP의 예시를 <그림 4.3.1-22>에 제시하였다. 추가 조류종 수만큼 열을 구성한다.

<표 4.3.1-23> 다중 조류 종의 초기조건 공간분포 설정

변수명	형식	단위	내용
L	I	-	격자 L index
K	I	-	수직 층 번호 (1 = 저층)
X#	R	gC/m ³	격자별 조류 초기 값

CC					
L	K	X1	X2	X3	
2	1	0.0000E+00	0.1130E+01	0.2450E-01	
2	2	0.0000E+00	0.1130E+01	0.2450E-01	
2	3	0.0000E+00	0.1130E+01	0.2450E-01	

<그림 4.3.1-22> 다중 조류의 초기조건 공간분포 설정 파일 WQWCRSTX.INP 예시

3) 다중 조류 중 반응계수 시·공간 입력 파일 WQALGGX.INP

기존 수질 주제어 파일인 WQ3DWC.INP의 C5 IWQAGR을 1로 설정하면 조류 반응계수를 시·공간적으로 다르게 입력할 수 있다. 다중 조류 종도 이와 마찬가지로 동일한 제어 변수인 IWQAGR을 1로 입력하면 활성화 되도록 설정하였다. 다중 조류 종의 경우 WQALGGX.INP 파일에 반응계수를 입력한다. 입력항목을 <표 4.3.1-23>에, 예시를 <그림 4.3.1-23>에 제시하였다. 조류 종 수 만큼 항목별 열 수를 구성한다.

<표 4.3.1-24> 다중 조류 종 반응계수 설정 (시·공간 변동)

변수명	형식	단위	내용
MM	I	-	Zone ID (mapping 파일에 격자별 zone ID 입력)
WQPMX	R	day^{-1}	최대 성장율
WQBMRX	R	day^{-1}	사멸율
WQPRRX	R	day^{-1}	포식율

```

C ** WQ Algal Growth Dynamics by Zone, , DDD 2011-04-26 오후 6:26:47
C ** 30 120 180 210 240 304
C **
C **
C ** MM,WQPMX(1),WQPMX(2),WQPMX(3),WQBMRX(1),WQBMRX(2),WQBMRX(3),WQPRRX(1),WQPRRX(2),WQPRRX(3)
      1  2.000    2.000    2.000    0.020    0.100    0.100    0.030    0.100    0.100
      2  2.000    2.000    2.000    0.020    0.100    0.100    0.030    0.100    0.100
      3  2.000    2.000    2.000    0.020    0.100    0.100    0.030    0.100    0.100
      4  2.000    2.000    2.000    0.020    0.020    0.010    0.030    0.030    0.030
1728000 CON    !! 60day
C **
C ** MM,WQPMC(I),WQPMC(I),WQPMC(I),WQBMRC(I),WQBMRD(I),WQBMRG(I),WQPRRC(I),WQPRRD(I),WQPRRG(I)
      1  2.000    2.000    2.000    0.020    0.100    0.100    0.030    0.100    0.030
      2  2.000    1.000    2.000    0.020    0.100    0.100    0.030    0.100    0.100
      3  2.000    2.000    2.000    0.020    0.100    0.100    0.030    0.100    0.100
      4  2.000    2.500    2.000    0.020    0.020    0.010    0.030    0.030    0.030
2592000 CON    !! 90day

```

<그림 4.3.1-23> 다중 조류 종 반응계수 입력 파일 WQALGGX.INP 예시 (시·공간 변동)

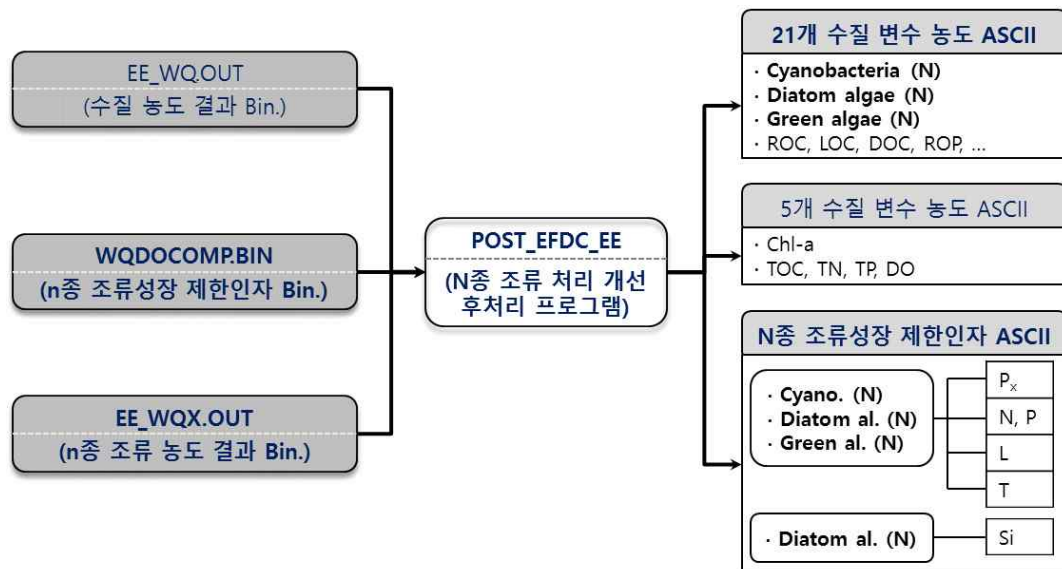
(2) 출력파일 구조

다중 조류 종 모의 결과는 별도의 파일로 출력되므로 EFDC Explorer를 사용한 다중 조류 종 가시화는 불가능하다. 따라서 추가 조류 종 모의 결과는 별도의 가시화 프로그램을 사용한다. 다중 조류 종 결과 파일은 다음과 같다.

- 다중 조류 종 농도 : EE_WQX.OUT (Binary 파일)
- 기존 수질항목 농도 : EE_WQ.OUT (Binary 파일, EFDC Explorer에서 결과 표출 가능)
- 조류성장 제한인자 : WQDOCOMP.BIN (Binary 파일)

<그림 4.3.1-24>에 출력파일 처리 흐름도를 제시하였다. 수질 농도 후처리 프로그램을 이용하여 수질변수별 공간분포 및 시계열을 ASCII 형식으로 추출하며 그래픽 프로그램을 이용하여 가시화한다 (시계열은 엑셀, Grapher, 공간분포는 Surfer 등). 조류성장

제한인자 후처리 프로그램을 이용하여 조류종별 제한인자 공간분포 및 시계열을 ASCII 형식으로 추출하여 분석할 수 있다.



<그림 4.3.1-24> n종 조류모의 결과 출력 파일 처리 흐름도

4.3.2 남조류 수직 이동 기작

(1) 입력파일 구조

남조류 수직이동 기작 기능을 적용하기 위해서 필요한 입력조건들을 <표 4.3.2-1> ~ <표 4.3.2-3>과 <그림 4.3.2-1>에 제시하였다. 수직이동 기작과 관련된 기능 제어와 조건입력은 모두 수질관련 신규 제어 파일인 WQ3DWC2.INP에 기록한다.

<표 4.3.2-1> 남조류 수직 이동 기작 모의를 위한 신규 변수 목록

변수명	배열크기	단위	형식	내용	관련 서브루틴	입출력
ISSTOKE	NXSP	-	I	수직이동 기작 활성화 스위치	RWQC1.for, VARALLOC.for, Var_Global_Mod.f90, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
WQROH0	NXSP	kg/m^3	R	초기 수직이동속도 계산을 위한 초기밀도	RWQC1.for, VARALLOC.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP
WQRHOMN	NXSP	kg/m^3	R	남조류 최고 밀도	RWQC1.for, WQSTOKES01.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP
WQRHOMX	NXSP	kg/m^3	R	남조류 최소 밀도	RWQC1.for, VARALLOC.for, Var_Global_Mod.f90, WQSTOKES01.for	WQ3DWC2 .INP
WQIRHALF	NXSP	$\mu mol/m^2/s$	R	남조류 밀도 변화 계산시 반포화 상수 (KI)	RWQC1.for, VARALLOC.for, Var_Global_Mod.f90, WQSTOKES01.for	WQ3DWC2 .INP
WQCOEF1	NXSP	$kg/m^3/min$	R	남조류 밀도 증가 계수 (c1)	RWQC1.for, VARALLOC.for, Var_Global_Mod.f90, WQSTOKES01.for	WQ3DWC2 .INP
WQCOEF2	NXSP	$kg/m^3/min/(\mu mol/m^2/s)$	R	남조류 밀도 감소 계수 (c2)	RWQC1.for, VARALLOC.for, Var_Global_Mod.f90, WQSTOKES01.for	WQ3DWC2 .INP
WQCOEF3	NXSP	$kg/m^3/min$	R	남조류 밀도 최소 증가율 (c3)	RWQC1.for, VARALLOC.for, Var_Global_Mod.f90, WQSTOKES01.for	WQ3DWC2 .INP
Light_Factor1	-	$\mu mol photons/m^2/s$	R	광 단위 환산계수 ($W/m^2 \rightarrow \mu mol photons/m^2/s$)	RWQC1.for, WQSTOKES01.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP
F_PAR	-	-	R	Fraction of PAR	RWQC1.for, WQSTOKES01.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP

남조류 수직이동 기작을 활성화하기 위해서 ISSTOKE를 1로 지정하고 관련 변수들을 기록한다. C17에는 남조류 생체밀도, C18에는 수직이동 속도인 Stoke's velocity와 관련된 정보를 입력한다. C17-2에는 단위환산 계수를 입력한다.

기존 연구들에서 알려진 남조류 수직이동 속도와 수직이동 속도산정에 영향을 주는 남조류 크기, 밀도 등 정보를 <표 4.3.2-2>에 제시하였다. 종별로 크기와 형상저항계수 등의 변동 범위가 매우 넓어서 계수 선정시 유의할 필요가 있다.

<표 4.3.2-2> 남조류 수직이동기작 입력조건 구성 (WQ3DWC2.INP)

위치	변수명	형식	기본값	단위	내용
C17	ISSTOKE	I	0 or 1	-	수직이동 기작 활성화 스위치
	WQROH0	R	1000.	kg/m^3	초기 수직이동속도 계산을 위한 초기 남조류 밀도
	WQRHOMN	R	1070.	kg/m^3	남조류 최고 밀도
	WQRHOMX	R	955.	kg/m^3	남조류 최소 밀도
	WQIRHALF	R	25.	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	남조류 밀도 변화 계산시 반포화 상수 (K_d)
	WQCOEF1	R	0.13	$\text{kg}/\text{m}^3/\text{min}$	남조류 밀도 증가 계수 (c_1)
	WQCOEF2	R	0.001	$\text{kg}/\text{m}^3/\text{min}/(\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s})$	남조류 밀도 감소 계수 (c_2)
	WQCOEF3	R	0.03	$\text{kg}/\text{m}^3/\text{min}$	남조류 밀도 최소 증가율 (c_3)
C17 -2	L_Factor1	R	4.57	$\mu\text{mol photons}/\text{m}^2/\text{s}$	광 단위 환산계수 ($\text{W}/\text{m}^2 \rightarrow \mu\text{mol photons}/\text{m}^2/\text{s}$)
	F_PAR	R	0.44	-	Fraction of PAR
C18	WQR	R	0.0002	m	조류 반지름 (r)
	WQA	R	1.0	-	셀 부피와 colony 부피간의 비 (A)
	WQRESIS	R	1.0	-	형상 저항계수(ϕ)

※ 출처 : Kromkamp and Walsby, 1990

<표 4.3.2-3> 주요 남조류의 수직이동 속도 관련 계수

종명	반지름 (μm)	ϕ	밀도(kg/m^3)	침강속도($\mu\text{m}/\text{s}$)
<i>Cyanodictyon</i>	0.2-0.5	1	1,040	<+0.016
<i>Synechococcus</i>	0.4-1.45	1.3	1,040	<+0.01
<i>Oscillatoria redekei</i>	5.6-7.40	>5	-	-
<i>O agardhii</i>	13.8-18.3	10	985-1,085	-0.8 to +5
<i>Lyngbya limnetica</i>	9.5-10.4	10	-	to +0.9
<i>O rubescens</i>	13.8-20.3	6	990-1,065	-0.7 to +7
<i>Anabaena flos-aquae</i>	28-100	1.7	920-1,030	-60 to +10
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	up to 70	1.5	920-1,030	-40 to +7
<i>Microcystis aeruginosa</i>	up to 120	1	985-1,005	-360 to +120
	up to 1,000	*	-	+3,000
	up to 3,200	*	-	+3,300

※ 출처 : Reynolds *et al.*, 1987

```

C-----
C17 CYANOBACTERIA VERTICAL MIGRATION - ALGAL DENSITY
C
C ISSTOKE :
C WQROH0 : INITIAL DENSITY
C WQRHOMN : algae maximum density (1070.) [kg m-3]
C WQRHOMX : algae maximum density (955. ) [kg m-3]
C WQIRHALF : half saturation irradiance for mximum rate of
C density increase (25.0 ) [(micro_mol m-2 s-1)-1]
C WQCOEF1 : rate constant of density increase (0.132 ) [kg m-3 min-1]
C WQCOEF2 : rate constant of density decrease (0.0000167) [kg m-3 min-1 (micro_mol m-2 s-1)-1]
C WQCOEF3 : minimum rate of density increase (0.023 ) [kg m-3 min-1]
C
C17 ISSTOKE WQROH0 WQRHOMN WQRHOMX WQIRHALF WQCOEF1 WQCOEF2 WQCOEF3
1 1000. 985. 1005. 25.0 0.090 0.0013 0.011 ! 1 = Condon M
1 1000. 920. 1030. 25.0 0.132 0.001 0.023 ! 2 = Condon H1
0 1000. 955. 1070. 25.0 0.132 0.001 0.023 ! 3 = Condon P
0 1000. 955. 1070. 25.0 0.132 0.001 0.023 ! 4 = Condon D
1 1000. 970. 1065. 25.0 0.070 0.0013 0.011 ! 5 = Condon G
0 1000. 955. 1070. 25.0 0.132 0.001 0.023 ! 6 = Condon X2
0 1000. 955. 1070. 25.0 0.132 0.001 0.023 ! 7 = Condon J
0 1000. 955. 1070. 25.0 0.132 0.001 0.023 ! 8 = Condon C
1 1000. 920. 1030. 25.0 0.100 0.0013 0.011 ! 9 = Condon LO
C-----
C17-2 CYANOBACTERIA VERTICAL MIGRATION - General parameter
C
C L_Factor1 : Conver light unit (W/m2 -> umol photons/m2/s)
C F_PAR : Fraction of PAR
C17-2 L_Factor1 F_PAR
4.57 0.44
C-----

```

<그림 4.3.2-1> 남조류 수직이동기작 입력조건 구성 예시 (WQ3DWC2.INP)

```

C18 CYANOBACTERIA VERTICAL MIGRATION - STOKES VELOCITY
C
C WQR : algae EFFECTIVE RADIUS (0.000300) [m]
C WQA : portion of cell volume relative to colony volume (1.0) [-]
C WQRESIS : coeff. of form resistance (1.0 ) [-]
C
C18 WQR WQA WQRESIS
0.000080 0.9 1.0 ! 1 = Condon M
0.000005 1.0 10.0 ! 2 = Condon H1
0.000050 1.0 5.0 ! 3 = Condon P
0.000005 1.0 5.0 ! 4 = Condon D
0.000250 0.9 1.0 ! 5 = Condon G
0.000005 1.0 3.0 ! 6 = Condon X2
0.000005 1.0 5.0 ! 7 = Condon J
0.000005 1.0 5.0 ! 8 = Condon C
0.000020 0.9 1.0 ! 9 = Condon LO
C-----

```

<그림 4.3.2-1> 계속

(2) 출력파일 구조

남조류 수직이동 기작과 관련된 출력파일은 없으며, 남조류 농도 출력파일은 '2.2.1 다중 조류 중' 절에 제시하였다.

4.3.3 휴면포자 발아기작

(1) 입력파일 구조

1) 신규 수질 제어파일 (WQ3DWC2.INP)

남조류 휴면포자 발아기작 기능을 적용하기 위해서 필요한 입력조건들을 <표 4.3.3-1>~<표 4.3.3-3>과 <그림 4.3.3-1>에 제시하였다. 휴면포자 발아기작과 관련된 기능 제어와 조건입력은 모두 수질관련 신규제어 파일인 WQ3DWC2.INP 파일에 기록한다.

<표 4.3.3-1> 휴면포자 발아기작 모의를 위한 신규 변수 목록

변수명	배열크기	단위	형식	내용	관련 서브루틴	입출력
ISCYANO	-	-	I	조류 내부순환 기작 On/Off 스위치	RWQC1.for, SCANWQ.for, Var_Global_Mod.f90, WQSKE3.for	WQ3DWC2 .INP
NSZONE	-	-	I	휴면포자를 포함한 퇴적층 Zone의 개수	RWQC1.for, SCANWQ.for, Var_Global_Mod.f90, VARALLOC.for	WQ3DWC2 .INP
CONCYA	-	pg/cell	R	조류농도 환산 계수	RWQC1.for, SCANWQ.for, Sub_spore.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP
TGERMI	-	%	R	총 발아율	RWQC1.for, SCANWQ.for, Sub_spore.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP
KCG	-	day	R	휴면포자 발아율에 대한 반포화 상수	RWQC1.for, SCANWQ.for, Sub_spore.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP
DGTIME	-	day	R	휴면포자 발아지속 시간	RWQC1.for, SCANWQ.for, Sub_spore.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP
CYA_TEM	-	°C	R	수온 발아조건	RWQC1.for, SCANWQ.for, Sub_spore.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP
CYA_P4D	-	mg/L	R	인산염 인 발아조건	RWQC1.for, SCANWQ.for, Sub_spore.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP
CYA_NO3	-	mg/L	R	질산성 질소 발아조건	RWQC1.for, SCANWQ.for, Sub_spore.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP
CYA_Light	-	$\mu\text{mol}/m^2/s$	R	광 발아조건	RWQC1.for, SCANWQ.for, Sub_spore.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP
Light_Factor2	-	-	R	광도 환산계수	RWQC1.for, SCANWQ.for, Sub_spore.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP
NNAT	-	-	I	수온 및 광 평균시간	RWQC1.for, SCANWQ.for, Sub_spore.for, Var_Global_Mod.f90 VARALLOC.for	WQ3DWC2 .INP
NUM_ZONE	NSZONE	-	I	Zone ID	RWQC1.for, VARALLOC.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP
NUM_CELL	NSZONE	Cell	R	휴면포자 총 Cell 개수	RWQC1.for, VARALLOC.for, Sub_spore.for, Var_Global_Mod.f90	WQ3DWC2 .INP

휴면포자 발아기작을 활성화하기 위해서 C19에서 활성화 스위치인 ISCYANO를 1로 지정하고 관련 조건들을 설정한다. C19에는 Zone의 개수, 조류농도 환산 계수, 총 발아율, 반포화상수, 발아지속 시간, 발아조건(수온, 영양염, 광), 광도 환산계수, 수온 및 광 평균 시간을 입력한다.

C20에는 휴면포자의 Zone ID와 각 Zone별 휴면포자 총 Cell 개수를 입력한다. C20에서 라인 수는 C19에서 정의된 Zone의 개수와 동일해야한다.

2) 격자별 휴면포자 총 Cell 개수 입력 (CYANOMAP.INP)

격자별 각기 다른 휴면포자 수를 적용하기 위해 신규 입력 파일인 CYANOMAP.INP 파일에 격자별 해당 Zone ID를 입력한다 <표 4.3.3-2>, <그림 4.3.3-2>. CYANOMAP.INP IZCYA에 Zone ID를 입력한다. 최대값은 C19에서 정의된 Zone의 개수와 동일해야한다.

<표 4.3.3-2> 휴면포자 발아 기작 입력조건 구성 (WQ3DWC2.INP)

위치	변수명	형식	기본값	단위	내용
C19	ISCYANO	I	0	-	조류 내부순환 기작 Off
			1	-	조류 내부순환 기작 On
	NSZONE	I	3	-	휴면포자를 포함한 퇴적층 Zone의 개수
	CONCYA	R	0.72	pg/cell	조류농도 환산 계수
	TGERMI	R	100	%	총 발아율
	KCG	R	0.1	day	휴면포자 발아율에 대한 반포화 상수
	DTIME	R	100	day	휴면포자 발아지속 시간
	CYA_TEM	R	12.0	℃	수온 발아조건
	CYA_P4D	R	0.01	mg/L	인산염 인 발아조건
	CYA_NO3	R	2.0	mg/L	질산성 질소 발아조건
	CYA_Light	R	50.0	$\mu\text{mol}/m^2/s$	광 발아조건
	Light_factor2	R	1.0	-	광도 환산계수
	AT	I	24	-	수온 및 광 평균시간(Time step)
C20	NUM_ZONE	I	-	-	Zone number
	NUM_CELL	R	-	Cell	휴면포자 총 Cell 개수

```

C-----
C19 Environmental condition
C
C  ISCYANO   :   Switch of benthic cyanobacteria
C  NSZONE    :   Number of benthic cyanobacteria zone
C  CONCYA    :   Convert coefficient for Cell to concentration
C  TGERMI    :   Total germination (%)
C  KCG       :   Half saturation for germination (day)
C  DTIME     :   Duration of germination (day)
C  CYA_TEM    :   Over temperature (degree)
C  CYA_P4D   :   Over phosphate (mg/L)
C  CYA_NO3   :   Over nitrate nitrogen (mg/L)
C  CYA_Light :   Over Light (umol photons/m2/s)
C  L_Factor  :   Conver light unit (umol photons/m2/s -> W/m2)
C  AT        :   Temperature & Light average time ((Hour*3600)/(DT*NWQKDPT))
C
C19 ISCYANO  NSZONE  CONCYA  TGERMI  KCG  DTIME  CYA_TEM  CYA_P4D  CYA_NO3  CYA_Light  L_factor  AT
      0         3    0.72    100    0.1   100    12.0    0.01      2       50        1    24
C-----
C20 Zone & Cell number
C
C  MM        :   Zone number
C  NUM_CELL  :   Cyanobactetia cell number (CELL/m2)
C
C20 MM      NUM_CELL
      1      10000000
      2      10000000
      3      10000000

```

<그림 4.3.3-1> 휴면포자 발아기작 입력조건 구성 예시 (WQ3DWC2.INP)

<표 4.3.3-3> 휴면포자 발아기작 Mapping 파일 구성 (CYNAOMAP.INP)

변수명	형식	단위	내용
I	I	-	I index
J	I	-	J index
IZCYA	I	-	Zone number

```

C , CYNAOMAP.INP ISCYANO=2
C READ IN MAPPING INFORMATION FOR SPATIALLY-VARYING SPORE
C
C      I,      J,      IZCYA
C      3      3      1
C      3      4      1
C      3      5      1
C      3      6      1
C      3      7      1
C      3      8      1
C      3      9      1
C      3     10      1
C      3     11      1
C      3     12      1
C      4      3      1
C      4      4      1
C      4      5      1

```

<그림 4.3.3-2> 휴면포자 발아기작에 대한 Mapping 파일 예시 (CYNAOMAP.INP)

(2) 출력파일 구조

휴면포자 발아 기작과 관련된 출력 파일은 없으며, 남조류 농도 출력 파일은 '2.2.1 다중 조류 종'에 제시하였다.

4.3.4 조류 염분 및 담수 독성 영향 기작

(1) 입력파일 구조

1) 신규 염분 및 담수 독성 영향 제어파일 (WQDGSTOX.INP)

조류의 염분 및 담수 독성 영향 제어 기능을 적용하기 위해 신규 입력파일 WQDGSTOX.INP를 생성했다.. 이 파일이 없는 경우 염분이나 담수에 의한 성장률 변화는 없다. 그리고 기존 남조류와 다중 조류종의 구분 코드 1(남조류)은 기존 염분 독성 기능이 그대로 적용된다.

<그림 4.3.4-1>에 신규입력파일 WQDGSTOX.INP의 예시를 제시하였다.

```
# <-- set first character to '#' to use extended annotation in this file
C
C   GENERATED BY GEOSR 2019.11.27
C-----
C01 DG (Diatom and Green algae) 의 염분 영향 고려
C
C   EFDC Original DG에 적용하기 때문에 두 줄임
C   WQSALA와 WQSALB의 범위를 벗어나는 염분은 각각 WQCOEFSAX와 WQCOEFSBX의 값을 갖는다.
C
C   WQCOEFSAX : 염분 영향 최소 계수
C   WQCOEFSBX : 염분 영향 최대 계수
C   WQSALA   : WQCOEFSAX가 적용되는 염분
C   WQSALB   : WQCOEFSBX가 적용되는 염분
C
C01 WQCOEFSAX WQCOEFSBX WQSALA WQSALB
      0.0        1.0        5.0    15.0   ! Diatom      (EFDC Original)
      0.0        1.0        5.0    15.0   ! Green algae (EFDC Original)
C-----
C02 다중 종 DG (Diatom and Green algae) 의 염분 영향 고려 (다중 종 코드가 2와 3인 경우)
C
C   Line 수는 다중 종 수를 지정한 NXSP (WQ3DWC2.INP의 C01) 와 동일하게 구성
C   IWQX (WQ3DWC2.INP의 C02) 에 2또는 3인 경우에만 적용함
C
C   WQCOEFSAX : 염분 영향 최소 계수
C   WQCOEFSBX : 염분 영향 최대 계수
C   WQSALAX   : WQCOEFSAX가 적용되는 염분
C   WQSALBX   : WQCOEFSBX가 적용되는 염분
C
C02 WQCOEFSAX WQCOEFSBX WQSALAX WQSALBX ! IWQX (WQ3DWC2.INP의 C02)
      0.0        1.0        5.0    15.0   ! 1 !1 = Condon M
      0.0        1.0        5.0    15.0   ! 1 !2 = Condon H1
      0.0        1.0        5.0    15.0   ! 2 !3 = Condon B
      0.0        1.0        5.0    15.0   ! 3 !4 = Condon P
      0.0        1.0        5.0    15.0   ! 2 !5 = Condon D
      0.0        1.0        5.0    15.0   ! 3 !6 = Condon X2
      0.0        1.0        5.0    15.0   ! 2 !7 = Condon C
      0.0        1.0        5.0    15.0   ! 2 !8 = Condon ETC
      0.0        1.0        5.0    15.0   ! 1 !9 = Condon LO
```

<그림 4.3.4-1> 신규 입력파일 WQDGSTOX.INP

<표 4.3.4-1>과 <표 4.3.4-2>에 조류의 염분 및 담수 독성 영향 제어 기능 입력조건을 제시하였다.

조류의 염분 및 담수 독성 영향 제어 기능을 활성화 하기 위해서는 입력 형식이 갖 추어진 WQDGSTOX.INP 파일이 있어야 한다. 만약 이 파일이 없으면 조류에 대한 염 분 및 담수 영향이 적용되지 않는다.

C01은 기존 EFDC의 규조류와 녹조류에 적용된다. 따라서 반드시 2줄로 구성되어야 한다. C02는 다중 조류종중 규조류와 녹조류에 적용된다. 따라서 다중 종을 구성한 종 수의 line이 구성되어야 한다. 다중 조류종 모든 구성요소에 계수를 입력해야 하나, WQ3DWC2.INP의 C02에서 구성한 IWQX의 값이 2 또는 3(규조류와 녹조류)인 경우에 만 적용된다.

<표 4.3.4-1> 조류의 염분 및 담수 독성 영향 제어 입력조건 구성 (WQDGSTOX.INP)

위치	변수명	형식	기본값	단위	내용
C01 (Original EFDC 규조류와 녹조류에 적용)	WQCOEFSA	R	0.0	-	염분 영향 성장제한요인 A
	WQCOEFSB	R	1.0	-	염분 영향 성장제한요인 B
	WQSALA	R	-	psu	성장제한요인 WQCOEFSA가 적용되는 염분
	WQSALB	R	-	psu	성장제한요인 WQCOEFSB가 적용되는 염분
C02 (다중 조류종 중 규조류와 녹조류에 적용)	WQCOEFSAX	R	0.0	-	염분 영향 성장제한요인 A
	WQCOEFSBX	R	1.0	-	염분 영향 성장제한요인 B
	WQSALAX	R	-	psu	성장제한요인 WQCOEFSAX가 적용되는 염분
	WQSALBX	R	-	psu	성장제한요인 WQCOEFSBX가 적용되는 염분

2) 독성 영향 입력 예시

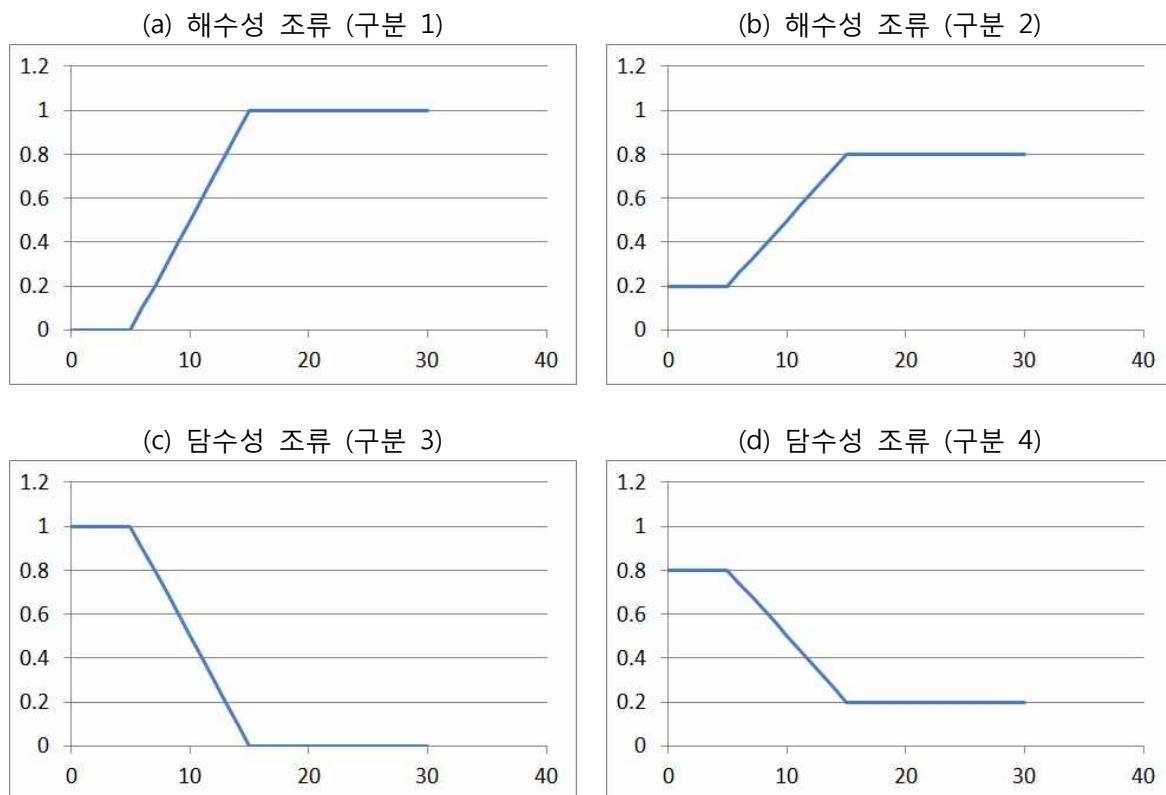
<표 4.3.4-2>에 변수별 입력 예시를, <그림 4.3.4-2>에 변수 입력 값별 염분과 조류 성장제한요인 관계를 제시하였다.

WQCOEFSA는 염분 WQSALA 이하 또는 이상인 경우의 성장계수이며, WQCOEFSB는 염분 WQSALB 이하 또는 이상인 경우의 성장계수이다. 염분이 WQSALA와 WQSALB 사이인 경우에는 성장제한요인이 선형보간된다. 다중 조류종 계수의 변수는 가장 뒤에 "X" 문자가 추가된다.

여기서 성장제한요인의 최소값과 최대값을 변수 WQCOEFSA와 WQCOEFSB에 입력 하고, 각각의 값이 적용되는 염분을 WQSALA와 WQSALB에 입력한다.

<표 4.3.4-2> 조류의 염분 및 담수 독성 영향 제어 입력 예시 (WQDGSTOX.INP의 C01, C02)

구분	WQCOEFSFA	WQCOEFSB	WQSALA	WQSALB	내용
1	0.0	1.0	5.0	15.0	해수성 조류 예시
2	0.2	0.8	5.0	15.0	해수성 조류 예시
3	0.0	1.0	15.0	5.0	담수성 조류 예시
4	0.2	0.8	15.0	5.0	담수성 조류 예시



<그림 4.3.4-2> 입력값에 따른 염분과 조류 성장제한요인 관계

(x축 : 염분, y축 : 성장제한요인)

해수성 조류는 염분이 증가할 수록 성장제한요인이 증가한다. 담수성 조류는 염분이 증가할수록 성장제한요인이 감소한다.

변수 입력시 성장제한요인의 최소값과 최대값인 WQCOEFSFA와 WQCOEFSB를 설정한 후 해수성 조류의 경우에는 WQSALA가 WQSALB보다 작게, 담수성 조류의 경우에는 WQSALA가 WQSALB보다 크게 입력하면 쉽게 적용할 수 있다.

3) 기능 적용 여부 확인

모델 실행 시 화면에 "WQ: READING WQDGSTOX.INP - DG Salt TOX Control"이 출력되면 정상작동 상태이다. <그림 4.3.4-3>

```
d:\WORK\EFDCDS_VERSION\01_NIER\02_Branctest\EFDC_NIER_170907_shin_DGsalt\Console1\Console1#Debug\Console1.exe
READING GATESER.INP
READING ASER.INP
NUMBER OF ATMOSPHERE SERIES=          1
COMPUTESOLRAD= F
DS_LONG=  0.0000000E+00
DS_LAT=  37.40000
READING WSER.INP
NUMBER OF WIND SERIES=          1
ANEMOMETER HEIGHT (m)=  10.00000
NSNAPSHOTS=  8759
READING RESTART FILE: RESTART.INP
READING RESTART FILE: RSTWD.INP
WQ: READING WQ3DWC.INP - MAIN WATER QUALITY CONTROL FILE
WQ: READING WQ3DWC2.INP - WATER QUALITY CONTROL FILE 2
WQ: READING WQDGSTOX.INP - DG Salt TOX Control
WQ: RESTART: WQWCRST.INP
WQ: READING CWQSPxx.INP - WQ CONCENTRATION TIME SERIES
WQ: READING CWQSPx###.INP, X WQ CONCENTRATION TIME SERIES
CALHEAT: INITIALIZING
CALHEAT: SETTING CONSTANT THICKNESS TO:  5.000000
CALHEAT: Bed Temp(L=2):  7.000000
```

TIME IN DAYS	TIME STEP SEC	ELEV SURF CM	VELE SURF CM/S	VELN SURF CM/S	TEM SURF D:C	AV SURF CM/S	AB SURF CM/S	VELE BOTT CM/S	VELN BOTT CM/S	TEM BOT D:C	AV BOTT CM/S	AB BOTT CM/S
1.000	6.000	2545	3	-2	2	0	0	-1	2	2	0	0
1.025	6.000	2546	2	-4	2	4	4	0	0	2	3	3
1.050	6.000	2546	1	-3	2	1	1	0	1	2	2	2

<그림 4.3.4-3> 염분 및 담수 독성 영향 기능 작동 확인

(2) 출력파일 구조

조류에 대한 염분 및 담수 독성관련 출력파일은 없다.

4.3.5 주요 매개변수

수질과 조류에 대한 주요 매개변수의 범위를 <표 4.3.5-1>에 제시하였다.

<표 4.3.5-2> 수질 및 조류 관련 주요 매개변수

변수명	설명	단위	범위	참고문헌
PMX	최대 성장율	1/day	0.07 ~ 9.2	Cole and Well(2003)
KHNX	질소 흡수 반포화 상수	gN/m^3	0.012 ~ 0.920	Cole and Well(2003)
KHPX	인 흡수 반포화 상수	gP/m^3	0.001 ~ 1.920	Cole and Well(2003)
BMRX	사멸율	1/day	0.01~0.92	Cole and Well(2003)
PRX	포식율	1/day	0.03 ~ 0.30	Cole and Well(2003)
WSX	침강 속도	m/day	0.0 ~ 30.2	Cole and Well(2003)
KHRX	DOC 배설 관련 DO 반포화 상수	1/day	0.01 ~ 0.64	Cole and Well(2003)
CChIX	조류생체 내 클로로필- <i>a</i> 와 탄소 비	$gC/mgchl$	0.002 ~ 0.100	EPA(1985)
ANCX	조류생체 내 탄소와 질소 비	gN/gC	0.05 ~ 0.43	EPA(1985)
KeTSS	부유사 농도에 의한 소광계수	m^2/g	0.05~0.10	Pennock(1985)
KeChI	자체 소광계수	m^2/g	0.014~0.031	Pennock(1985)
keb	배경 소광계수	1/m	0.038~0.110	Pennock(1985)
KRC	조류 사멸시 난분해성 입자성 유기탄소로 분해율	1/day	0.001~0.111	Cole and Well(2003)
KLC	조류 사멸시 생분해성 입자성 유기탄소로 분해율	1/day	0.001~0.111	Cole and Well(2003)
KDC	조류 사멸시 용존성 유기탄소로 분해율	1/day	0.001~0.111	Cole and Well(2003)
KHORDO	중속영양호흡 반포화상수	gO_2/m^3	0.5*	Cerco and Cole(1994)
KHDNN	탈질산화 반포화상수	gN/m^3	0.1*	Cerco and Cole(1994)
KRP	난분해성 입자성 유기인의 최소 광물화비	1/day	0.001~0.011	Cole and Well(2003)
KLP	생분해성 입자성 유기인의 최소 광물화비	1/day	0.001~0.111	Cole and Well(2003)
KDP	용자성 유기인의 최소 광물화비	1/day	0.01~0.64	Cole and Well(2003)
CPprm1	조류생체 내 인과 탄소 비 계수1	gC/gP	42*	Cerco and Cole(1994)
CPprm2	조류생체 내 인과 탄소 비 계수2	gC/gP	85*	Cerco and Cole(1994)
CPprm3	조류생체 내 인과 탄소 비 계수3	-	200*	Cerco and Cole(1994)
rNitM	최고 질산화 비	$gN/m^3/d$	0.001~1.3	Cole and Well(2003)
KNit	질산화 수온 계수	-	0.0045*	Cerco and Cole(1994)
KHNitDO	질산화 반포화 상수1	gO_2/m^3	1.0*	Cerco and Cole(1994)
KHNitN	질산화 반포화 상수2	gN/m^3	1.0*	Cerco and Cole(1994)

※ 기본값

4.4 기타 기능

4.4.1 바람응력

(1) 입력파일 구조

EFDC-NIER는 선형과 비선형 바람응력 산정식 중 하나를 선택하도록 하였고 이를 적용하기 위해 신규 입력파일인 WINDCOEFF.INP를 사용한다. EFDC-NIER에서 바람을 적용하고자 할 경우 WINDCOEFF.INP 파일이 필수적이다. 바람응력 관련 신규 변수 목록을 <표 4.4.1-1>에 제시하였다.

<표 4.4.1-1> 바람응력 관련 신규 변수 목록

변수명	배열크기	단위	형식	내용	관련 서브루틴	입출력
ISCD	-	-	I	바람응력 산정방법 지정 switch	INPUT.for, CALTSXY.for, Var_Global_Mod.f90, VARZEROInt.f90	WINDCOEFF .INP
WNDCM	-	-	R	coefficient Cm for non-linear-formula	INPUT.for, CALTSXY.for, Var_Global_Mod.f90, VARZEROREal.f90	WINDCOEFF .INP
WNDB	-	-	R	coefficient a for linear-formula	INPUT.for, CALTSXY.for, Var_Global_Mod.f90, VARZEROREal.f90	WINDCOEFF .INP
WNDCR	-	m/s	R	coefficient B for non-linear-formula	INPUT.for, CALTSXY.for, Var_Global_Mod.f90	WINDCOEFF .INP
CDCON		-	R	coefficient b for linear-formula	INPUT.for, Var_Global_Mod.f90	WINDCOEFF .INP

WINDCOEFF.INP 파일 내 ISCD는 바람응력 산정방법을 지정하는 스위치이다. 0일 경우 선형식을, 1일 경우 비선형식 중 Vickers and Mahrt(1997)식을, 2일 경우 비선형식 중 Foreman and Emeis(2010)식을 사용한다. Vickers and Mahrt(1997)식에 대해서는 아직 충분한 검증이 완료되지 않았으므로 사용하는 것을 추천하지 않는다.

ISCD=0인 경우 선형식이 적용되면서 경험상수 $a=WNDB$, $b=WNDCM$ 가 적용된다. ISCD=2인 경우 비선형식이 적용되면서 경험상수 $CM=WNDCM$, $B=WNDB$ 가 적용되며 기준 풍속으로 WNDCR이 적용된다. <표 4.4.1-2>, <그림 4.4.1-1>

만약 기존 EFDC 모델의 선형식을 사용하고자 할 경우 ISCD를 0으로 설정하고 WNDCM=0.8, WNDB는 0.065를 입력한다.

<표 4.4.1-2> 개선된 바람모듈 적용을 위한 입력 항목

입력파일명	변수명	단위	형식	위치	내용
WINDCOEFF.INP	ISCD	-	I	-	바람응력 산정방법 지정 switch 0 : linear formula 1 : for research (사용안함) 2 : non-linear formula by Foreman
	WNDCM	-	R	-	coefficient Cm for non-linear-formula
					coefficient a for linear-formula
	WNDB	-	R	-	coefficient B for non-linear-formula
					coefficient b for linear-formula
	WINDCR	m/s	R	-	lower wind speed for non-linear-formula
	CDCON	-	R	-	for research (사용안함)

```

CWD-01 WIND DRAG COEFFICIENT CONTANT
  ISCD   : 0=General formula(WNDCM=0.8, WNDB=0.065), 1=For research, 2=Foreman and Emeis(2010)
  WNDCM  : WIND COEFF. CM by Foreman(2012), WIND COEFF. a for General formula
  WNDB   : WIND COEFF. B (<0) by Foreman(2012), WIND COEFF. b for General formula
  WINDCR : Lower wind velocity(m/s)
  CDCON  : For research (Not use)
CWD-01 ISCD  WNDCM  WNDB  WINDCR  CDCON
      2      0.055 -0.1762  4.0    1.E-2

```

<그림 4.4.1-1> WINDCOEFF.INP 예시

(2) 출력파일 구조

바람응력은 모델의 상태변수가 아니므로 별도의 출력파일이 없다.

4.4.2 동계 결빙 영향

(1) 입력파일 구조

동계 결빙 영향을 고려하기 위하여 새로운 변수(ISICE)를 추가 하였다. 새로운 변수는 동계 결빙 영향을 고려하기 위한 스위치 옵션으로 EFDC2.INP C1에 위치한다. <표 4.4.2-1>, <그림 4.4.2-1>

<표 4.4.2-1> 바람응력 관련 신규 변수 목록

변수명	배열크기	단위	형식	내용	관련 서브루틴	입출력
ISICE	-	-	I	동계 결빙 영향 모의 switch	INPUT.for, CALHEAT.for, Var_Global_Mod.f90, VARZEROInt.f90	EFDC2.INP

EFDC2.INP 파일이 모델셋 폴더 내에 없을 경우 기존 EFDC 기능을 사용하게 되고, 이 경우 음의 수온이 계산된다. 동계 결빙 영향을 고려하기 위해서는 EFDC2.INP 파일이 모델셋 폴더 내에 위치해야 하고 ISICE를 1로 설정해야 한다. ISICE를 0으로 설정할 경우 EFDC2.INP가 모델셋 폴더 내에 있더라도 기존 EFDC 기능을 사용한다.

```

C1 ICE COVER EFFECT
* ISICE : SWITCH TO ACTIVATE THE ICE COVER EFFECT FOR HEAT EXCHANGE
*      0 = USE MODULE IN ORIGINAL CODE
*      1 = USE MODULE EDITED BY GEOSR
C1  ISICE
      1

```

<그림 4.4.2-1> 동계 결빙 영향을 고려하기 위한 EFDC2.INP 구성 예시

(2) 출력파일 구조

수온은 EE_WC.OUT 파일에 기록되므로 별도의 추가 출력 파일은 없다.

4.4.3 산화·환원 조건 변화에 따른 저층 영양염 용출 변동

(1) 입력파일 구조

수질 주 제어파일인 WQ3DWC.INP 파일에서 기존 기능과 '산화·환원 조건에 따른 용출 및 SOD 변화' 기능 중 하나를 선택하고, WQ3DWC.INP 또는 용출율 파일에 산화 및 환원조건에서의 용출율을 입력한다.

<표 4.4.2-1> 산화·환원 조건 변화에 따른 저층 영양염 용출 변동 관련 신규 변수 목록

변수명	배열크기	단위	형식	내용	관련 서브루틴	입출력
IWQBENOX	-	-	R	산화·환원 기능 적용 여부 0 : 미적용 (off) 1 : 적용 (on)	RWQBEN2.for, RWQC1.for, Var_Global_Mod.f90, VARZEROREal.f90, WQSKE3.for	WQ3DWC2. INP
DOXCRT	-	mg/L	R	빈산소 기준 농도	RWQC1.for, WQSKE3.for Var_Global_Mod.f90,	WQ3DWC2. INP

<표 4.4.3-1> 산화·환원 조건 변화에 따른 저층 영양염 용출 변동기능 적용을 위한 입력 조건

입력파일명	위치	변수명	기본값	단위	형식	내용
WQ3DWC2.INP	C100	IWQBENOX	0	-	R	산화·환원 기능 적용 여부 0 : 미적용 (off) 1 : 적용 (on)
	C100	DOXCRT	2.0	mg/L	R	빈산소 기준 농도

용출율을 시공간적으로 동일하게 지정하는 경우

WQ3DWC.INP C3에서 IWQBEN=0, WQ3DWC2.INP C100에서 IWQBENOX=1로 지정하고 WQ3DWC.INP C47에서 수질항목별 산화.환원 조건에서의 용출율과 SOD를 반복하여 기록한다. 두 번째 용출율이 환원환경시 용출율로 적용된다.

WQ3DWC.INP									
C47 ONE TITLE CARD FOLLOWS: \$\$ C47 constant benthic flux rates (g/m ² /d) \$\$									
C									
C	FPO4 = benthic flux rate of phosphate								
C	FNH4 = benthic flux rate of ammonia nitrogen								
C	FNO3 = benthic flux rate of nitrite+nitrite nitrogen								
C	FSAD = benthic flux rate of silica								
C	FCOD = benthic flux rate of chemical oxygen demand								
C	SON = sediment oxygen demand rate								
C	산화환경시 용출율								
C47	SON	FPO4	FNH4	FNO3	FSAD	FCOD	SOD	환원환경시 용출율	
	0.0002	0.022	0.011	0.00	0.00	-1.00	0.0005	0.04	0.03
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00

<그림 4.4.3-1> 용출율을 시공간적으로 동일하게 지정하는 경우 용출율 입력 형태 (산화.환원 기능 적용시)

용출율을 공간적으로 다르게 지정하고자 하는 경우

WQ3DWC.INP C3에서 IWQBEN=2, WQ3DWC2.INP C100에서 IWQBENOX=1로 지정한다. 환원환경과 산화환경 각각의 수질항목별 용출율과 SOD를 WQBENFLX.INP에 기록한다. 공간적으로 다른 용출율을 부여할 경우 여러 set의 용출율을 반복하여 기록한다. 그리고 WQBENMAP.INP에 격자별 용출율 index를 기록하는데 산화환경시 용출과 환원환경시 용출율 index를 각각 기록한다.

<그림 4.4.2-3>에 제시된 WQBENMAP.INP의 경우 (3,3)과 (3,4) 격자는 WQBENFLX.INP에 입력된 용출율 중 index=1 용출율을 산화환경시 용출율로 사용하고 index=3 용출율을 환원환경시 용출율로 사용한다. (3,5)와 (3,6) 격자는 index=2 용출율을 산화환경시 용출율로 index=3 용출율을 환원환경시 용출율로 사용한다. 1일(BENDAY) 이후 모델 종료까지 동일한 용출율이 적용된다.

WQBENMAP.INP									
C , wqbenmap.inp IWQBEN=2, DDD 2011-03-02 오전 11:36:17 C READ IN MAPPING INFORMATION FOR SPATIALLY-VARYING BENTHIC FLUXES.									
C									
C	1, j, XMUD, IZMUD, IZSAND, ANOXIC								
3	3	100	1	0	3				
3	4	100	1	0	3				
3	5	100	2	0	3				
3	6	100	2	0	3				

WQBENFLX.INP									
C , wqbenflx.inp IWQBEN=2, DDD 2011-03-02 오전 11:36:17 C Loop over Time: BENDAY C Loop over Zones: Zone , XBFPO4D, XBFNH4, XBFNO3, XBFSD, XBFOD, XBF02									
C									
3	1.000 BENDAY								
1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	-2.00			
2	0.02	0.022	0.011	0.00	0.00	-2.00			
3	0.10	0.044	0.022	0.00	0.00	-2.00			

<그림 4.4.3-2> 용출율을 공간적으로 다르게 지정하는 경우 용출율 입력 형태 (WQBENMAP.INP(좌)와 WQBENFLX.INP(우))

용출율을 시공간적으로 다르게 지정하고자 하는 경우

용출율 입력파일인 'WQBENFLX.INP'에 용출율을 시간별로 기록한다. <그림 4.4.3-3>에 제시된 WQBENFLX.INP의 경우 1일부터 30일까지 첫 번째 용출율 set, 30일부터 60일까지 두 번째 용출율 set이 적용되고 60일 이후에는 세 번째 용출율 set이 적용된다. 이외 조건들은 '용출율을 시공간적으로 다르게 지정하고자 하는 경우'와 동일하게 입력한다.

C , wqbenflx.inp IWQBEN=2, DDD 2011-03-02 오전 11:36:17 WQBENFLX.INP						
C Loop over Time: BENDAY						
C Loop over Zones: Zone , XBFP04D, XBFNH4, XBFNO3, XBFSAD, XBFCOD, XBFO2						
3						
	1.000					
1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	-2.00
2	0.02	0.022	0.011	0.00	0.00	-2.00
3	0.10	0.044	0.022	0.00	0.00	-1.00
	30.000					
1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	-2.00
2	0.05	0.030	0.015	0.00	0.00	-2.00
3	0.15	0.050	0.030	0.00	0.00	-0.50
	60.000					
1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	-2.00
2	0.02	0.022	0.011	0.00	0.00	-2.00
3	0.10	0.044	0.022	0.00	0.00	-1.00

<그림 4.4.3-3> 용출율을 시공간적으로 다르게 지정하는 경우 용출율 입력 형태

(2) 출력파일 구조

별도의 출력파일은 없다.

4.4.4 조류성장 제한인자 및 수질반응속도 출력

(1) 입력파일 구조

조류성장 제한인자와 수질반응속도를 출력하기 위한 입력 조건들은 수질관련 제어 파일인 WQ3DWC.INP 파일에 기록한다 <표 4.4.4-1>.

C05와 C06에서 조류성장 제한인자와 수질반응속도 출력여부(isCOMP)와 출력주기(WQDIUDT)를 입력한다. 조류성장 제한인자는 전체 격자와 함께 사용자가 지정한 격자에서 모두 출력 할 수 있다. 수질반응속도는 전체 격자에 대해서만 출력할 수 있다. 사용자가 출력 격자를 지정하기 위해서는 모델 수행 전에 수질 주 제어파일인 WQ3DWC.INP C06 IWQTS에서 출력 격자수를 설정하고, C07에서 해당격자의 I, J 인덱스를 입력한다.

- isCOMP = 0 : 조류성장 제한인자 및 수질반응속도 미출력
- isCOMP = 1 : 전격자에 대한 조류성장 제한인자 출력 (WQDOCOMP.BIN)
- isCOMP = 2 : 전격자에 대한 수질반응속도 출력 (WQRATE.BIN)
- isCOMP = 3 : 지정된 격자에서 조류성장 제한인자 출력 (WQLIM##.DAT)
- isCOMP = 4 : 지정된 격자에서 조류성장 제한인자 출력 (WQLIM##.DAT)
- + 전격자에 대한 수질반응속도 출력 (WQRATE.BIN)

: 정점 번호 (사용자가 입력한 정점의 순서대로 번호가 매겨짐)

<표 4.4.4-1> 조류성장 제한인자 및 생지화학적 반응속도 출력조건 설정 (WQ3DWC.INP)

위치	변수명	형식	기본값	단위	내용
C05	WQDIUDT	I	24	-	출력 주기
C06	IWQTS	I	0	-	출력 정점 수 (isCOMP가 3 이상일 경우)
	isCOMP	I	0	-	조류성장 제한인자 및 생지화학적 반응속도 출력 여부 스위치
C07	I, J	I	-	-	출력 정점 I, J 인덱스

(2) 출력파일 구조

조류성장 제한인자를 WQDOCOMP.BIN 파일에, 생지화학적 반응속도를 WQRATE.BIN 파일에 기록한다.

5.1 가동보와 고정보

“예제2_가동보와고정보” 참조

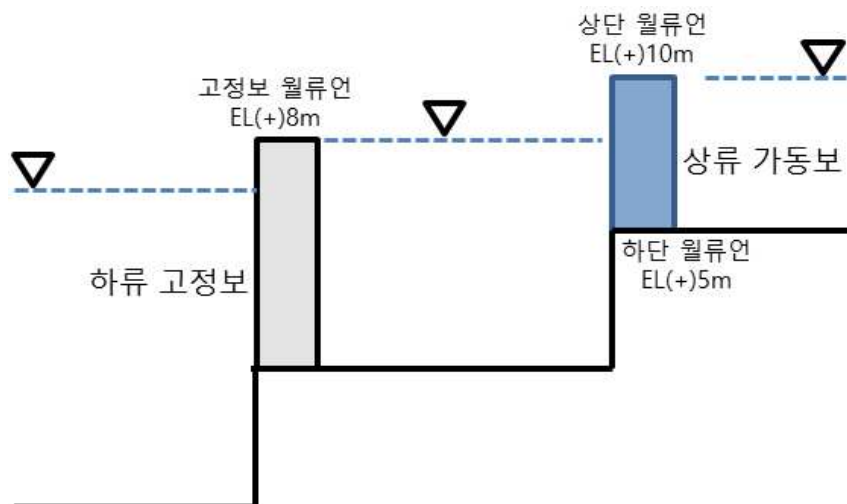
EFDC-NIER의 보 모듈 중 가동보와 고정보의 기본 기능 설정 방법을 실습하고 가동보 미가동시 가동보의 상단을 월류하는 기능을 구현한다.

5.1.1 실험 조건

상류측에 가동보를 구성하였다. 실험에서 구성한 상류측 가동보와 하류측 고정보의 제원을 <표 5.1.1>에, 보의 모식도를 <그림 5.1.1>에 제시하였다. 하류측 고정보는 전 실험에서 동일한 조건

<표 5.1.1> 가동보와 고정보 실험용 보 제원

구분	내용			
상류측 가동보	하단표고 :	EL(+) 5m	수문 높이 :	5m
	상단표고 :	EL(+) 10m	수문 폭 :	20m
	가동 조건 :	미 가동		
하류측 고정보	상단표고 :	EL(+) 8m	폭 :	200m



<그림 5.1.1> 가동보와 고정보 모식도

5.1.2 입력 조건 구성

가동보와 고정보를 구성하기 위한 EFDC.INP, GATECTL.INP, GATESER.INP의 구성과 실험에 적용한 상류측 수위 PSER.INP의 구성을 제시하였다.

● EFDC.INP

EFDC.INP에서 보 모듈의 수, 보가 적용되는 격자위치, 보의 형식을 지정한다.

- C23에서 NQCTL에 보 모듈의 수, NQCTLT에 보 모듈 적용 시계열의 수를 입력한다. 여기에서는 가동보와 고정보를 구성하므로 NQCTL=2, 가동보와 고정보 운영 시계열을 각각 구성하므로 NQCTLT=2로 입력한다.

C23	NUBS	NUBW	NUBE	NUBN	NQSIJ	NQPIJ	NQSER	NQCTL	NQCTLT
	0	0	0	0	0	0	0	2	2

- C32에서 보 적용 격자 인덱스를 입력한다. 보 모듈을 가동보와 고정보 2개로 설정했으므로 C32는 2줄로 구성한다. 첫 줄은 가동보의 상·하류 격자 위치를, 두 번째 줄은 고정보의 격자위치를 지정한다. (IQCTLU, JQCTLU, IQCTLD, JQCTLD)
- NQCTYP에 보의 형식을 지정한다. 여기서는 승강식 가동보 31과 고정보 7을 입력하였다. NQCTLQ는 보 운영 시계열의 ID 번호이다. 첫 줄에 1을 입력하고 다음 줄부터 순차적으로 수를 증가시킨다.

C32	IQCTLU	JQCTLU	IQCTLD	JQCTLD	NQCTYP	NQCTLQ
	3	123	3	121	31	1
	3	5	3	3	7	2

● GATECTL.INP

GATECTL.INP에서 보의 기본 사항을 입력한다.

- GC1의 NGTYPES에서 보의 수인 2를 입력한다. GARTM, IWSYS는 사용하지 않으므로 0으로 입력한다.

GC1	NGTYPES	GARTM	IWSYS
	2	0.	0

- GC2부터 보의 수만큼 line을 반복한다. 즉, 보가 2개 이므로 가동보와 고정보 조건을 각각 한 줄씩 구성하기 위해, 두 줄의 입력자료를 구성한다.
- NGATE : 수문의 수이다. 가동보의 수문을 3개로 설정하였다. 고정보의 경우에는 수문의 개념이 없으나 1로 입력한다.
- NGATEC : 보가 적용되는 격자의 수이다. 여기에서는 각각 1개의 격자에 적용되었으

므로 1을 입력한다.

- NGTYP : 보의 순서대로 1부터 순차적으로 입력한다.

GC2	NGATE	NGATEC	NGTYP
	3	1	1
	1	1	2

- GC3는 보의 제원을 입력한다. 보 마다 제원이 다르므로 신중하게 입력해야 한다.
- SILL : 가동보의 경우 하단표고를 입력한다. 승강식 보의 경우 보가 가동됐을 때 보의 하단부로 흐름이 발생한다. 고정보에서는 상단표고를 입력한다. 단위는 m이다.
- SILLHH : 가동보 미가동시 상단표고를 입력한다. 고정보의 경우 SILL과 같은 값을 입력한다. 단위는 m이다.
- GATEHI, GATEHO : 가동보의 경우 제원대로 수문 높이를 입력하고, 고정보는 수문이 없으므로 0을 입력한다. 단위는 m이다.
- GATEWI, GATEWO : 가동보와 고정보 모두 제원대로 폭을 입력한다. 단위는 m이다.
- MAXQ : 보 통과시의 최대 유량을 지정한다. 홍수시 최대 유량이 정해진 보의 경우 입력하고, 그러한 조건이 없다면 -1을 입력한다.
- GOTIME, GCTIME : 가동보 유량계산 시작 시 큰 유량이 계산되어 모델이 불안정해지는 현상을 방지하기 위하여 입력한 시간동안 서서히 유량을 증가시키기 위한 설정이다. 가동보의 경우 수문이 열리는 순간부터 완전히 개방될 때 까지의 시간으로 지정할 수 있다. GOTIME은 개방시, GCTIME은 폐쇄시에 적용한다. 여기서는 가동보의 개방 및 폐쇄에 각각 20분씩, 고정보는 0분으로 설정하였다.
- IATS : 상류수위의 시간평균 계산용 타임스텝의 수이다. 예상치 못한 수치진동을 억제하기 위해 수위를 평균하여 적용하기 위한 기능이다. 여기에서는 1을 입력하여 매 타임스텝마다의 수위를 그대로 적용하였다.

GC3	SILL	SILLHH	GATEHI	GATEHO	GATEWI	GATEWO	MAXQ	GOTIME	GCTIME	IATS
	5.00	10.00	5.	5.	20.0	20.0	-1.	20.	20.	1
	8.00	8.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	00.	00.	1

- GC4에서 유량계수를 입력한다.
- 본 실험에서는 유량계수를 임의로 입력하였다. 향후 실제 지형에 적용할 경우에는 보정 과정을 거쳐 후 입력할 것을 권장한다.

GC4	CGH1	CGH2	CG1	CG2	CG3	CG4	CG5	CG6	CG7	CG8	NCG3FOM
	0.00	99.0	0.321	0.321	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1
	0.00	99.0	0.500	0.500	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1

- GC5에서 보의 유량을 계산하는 수위 조건을 입력한다.

- DELHINOUT : 상·하류 수위차가 지정된 크기보다 큰 경우 유량을 계산한다. 여기서는 0.01m 이상의 수위차 발생시 유량을 계산한다.
- DELHSEL1 : 상류 수위와 상류 관리수위의 수위차가 지정된 크기보다 큰 경우 유량을 계산한다. 여기서는 0.01m 이상의 수위차 발생시 유량을 계산한다.
- SEL1 : 상류측 관리수위를 입력한다. 가동보의 경우 이 값은 보 모듈 운영 시계열 GATESER.INP에서도 다시 입력할 수 있다. 이러한 경우 GATESER.INP의 값이 우선 적용된다. 단, 고정보는 GATECTL.INP의 SEL1값을 기준으로 작동한다.
- SEL2 : 하천모델에서는 사용되지 않으므로 0을 입력한다.
- TIDCHK : 하천모델에서는 사용되지 않으며 반드시 -1을 입력한다.

GC5	DELHINOUT	DELHSEL1	SEL1	SEL2	TIDCHK
	0.01	0.01	10.0	0.0	-1.
	0.01	0.01	8.0	0.0	-1.

- GC6에서 수위 비교위치의 수를 입력한다.
- NICMP : 상류측 비교위치의 수이다. 1은 한 개의 위치를 의미한다. 2 이상일 경우 해당 위치의 평균 수위를 상류 수위로 계산한다.
- NOCMP : 하류측 비교위치의 수이다.

GC6	NICMP	NOCMP
	1	1
	1	1

- GC7에서 상류측 수위 비교위치의 격자번호를 입력한다. 수위비교시 수치 진동 영향을 방지하기 위하여 보가 적용된 격자로부터 10개 이상 떨어진 위치에 지정하는 것을 권장한다.

GC7	ICMPI	JCMP1
	3	123
	3	15

- GC8에서 하류측 수위 비교위치의 격자번호를 입력한다.

GC8	ICMP0	JCMP0
	3	112
	3	3

- GC9는 하천모델에서 적용되지 않는다. IGY, IGMM, IGDD에 -1을, CLOC에 'NONE'을 입력한다.

GC9	IGYY	IGMM	IGDD	CLOC
-1	-1	-1	-1	'NONE'
-1	-1	-1	-1	'NONE'

- GC10은 보 모듈 출력파일 여부와 시간간격을 설정한다. 보 모듈 출력파일은 SINK.OUT, SINKT.OUT, SINK2.OUT이며 모두 같은 설정이 적용된다.
- ISINK : 보 모듈 출력파일 생성여부를 입력한다. 0은 출력하지 않고, 1은 출력파일을 생성한다.
- DTSNK : 보 모듈 출력 시간 간격을 분 단위로 설정한다.

GC10	ISINK	DTSNK
	1	1.

● GATESER.INP

GATESER.INP에서 보 운영 시계열을 입력한다.

EFDC.INP의 C23 NQCTL에 보 모듈 적용 시계열을 2로 입력했으므로 시계열은 2개의 세트로 구성해야한다. 여기서는 가동보와 고정보의 시계열로 구성하였다.

첫 줄의 변수는 ISTYP, MQCTL, GCCSER이다.

- ISTYP : 0으로 고정한다.
- MQCTL : 시계열 line 수를 입력한다.
- GCCSER : Reference time을 초단위로 입력한다. 여기서는 86400으로 고정한다.

두 번째 줄부터 보 운영 시계열을 구성한다.

- GCSE : day 단위의 시간을 입력한다.
- IAG : 0이면 유량을 계산하지 않고, 1이면 유량을 계산한다. 즉, 0은 보 모듈 비활성화 이므로 가동보의 경우 수문을 닫은 상태이다. 1은 보 모듈이 활성화 되므로 가동보의 경우 수문을 개방한 상태이다. 여기에서는 가동보를 0으로 입력하여 수문이 항상 닫혀 있는 상태로 구성하고, 고정보는 1로 구성하여 항상 월류하는 조건을 부여하였다.
- NGATE : 개방 수문의 수를 입력한다. 가동보의 경우 3을 입력하여 3개의 수문을 가동하는 조건을 부여하고, 고정보의 경우에는 수문이 없으므로 1로 지정한다.
- SEL1 : 상류 관리수위 또는 가동보 상류측의 수위를 보정하기 위한 목적으로 실측수위를 입력한다. 여기에서는 가동보 상류 관리수위인 10m를 입력하였다. 고정보는 GATECTL.INP의 SILL에서 지정한 값을 사용하므로 현재의 변수는 의미가 없다. 따라서 999를 입력하였다.
- SEL2 : 하천 모델에서는 사용하지 않으므로 999를 입력하였다.

- GUPH : 가동보의 수문 개방 높이를 지정한다. 고정정보는 수문이 없으므로 999를 입력하였다.
- GQSUM : 수위 조건에 따른 자동운영일 경우 -1을 입력한다.
- GKMUL : 층별 유량 비율을 입력한다. 순서는 저층(K=1)부터 표층(K=KM) 순으로 입력한다. 여기서는 5개 층에 균일하게 유량을 부여하였다. 단, 고정정보와 가동보 미가동시에는 상단을 통해 월류하므로 예시와 같이 전층에 0.2를 부여하여도 표층에서만 유량이 계산된다.

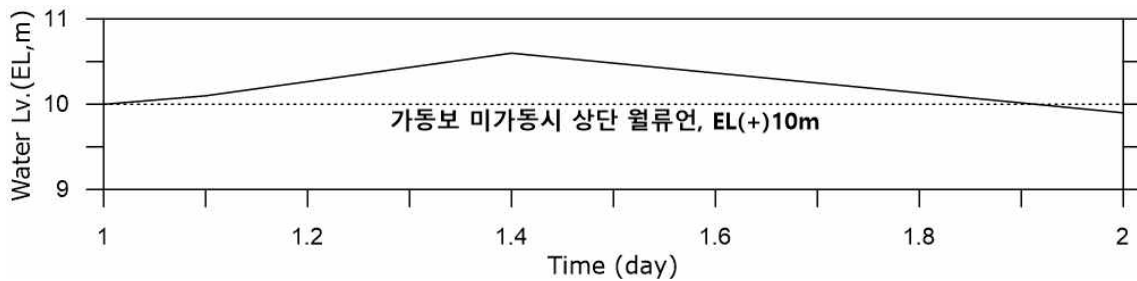
C	ISTYP	MQCTL	GCCSER										
C	GCSER	IAG	NGATE	SEL1	SEL2	GUPH	GQSUM	GKMUL					
C													
0		2	86400.0	'	*** GATESER_1								
1.000		0	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
999.0		0	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
0		2	86400.0	'	*** GATESER_2 고정정보								
1.000		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
999.0		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	

● PSER.INP

PSER.INP는 개방경계의 수위를 지정하는 시계열이다. 여기에서는 Idealized 모델 실험을 위해 수위 조건을 강제로 지정하였다. PSER.INP의 구성방법은 기존의 EFDC 매뉴얼을 참조한다.

남측 경계는 수위를 6m로 고정하였다. 북측 경계는 1일 모의기간동안 수위를 임의로 변경하였다. <그림 5.1.2-2>에 북측 경계의 수위 시계열을 제시하였다. 수위는 1일부터 상승하여 1.4일에 10.6m이고 이후로 수위가 하강한다. 가동보 상단 월류언 높이인 EL(+)10m 이상인 경우에 가동보를 월류하는 유량이 약 1.9일까지 나타날 것으로 예상할 수 있다.

2	86400.	0.	1.	0.	*** South 1
1.0	6.00				
999.0	6.00				
4	86400.	0.	1.	0.	*** North 1
1.0	10.00				
1.1	10.10				
1.4	10.60				
2.0	9.90				
999.0	10.50				



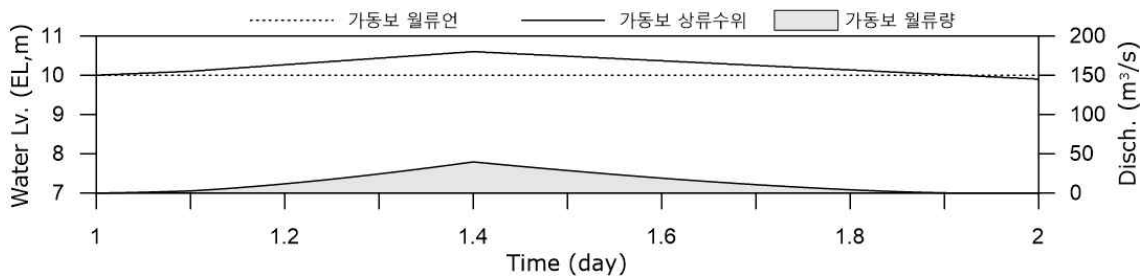
<그림 5.1.2-1> PSER.INP의 복측 경계 수위 시계열

5.1.3 실험 결과

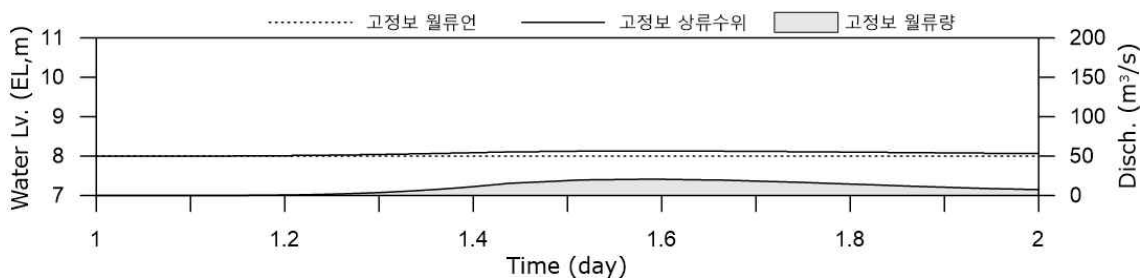
가동보 미가동시 상단표고 EL(+10m보다 상류수위가 높은 약 1.9일 전까지 가동보 상단을 월류하는 유량이 계산되었다(<그림 5.1.3-1>).

고정보는 상류로부터 월류된 유량의 영향으로 수위가 상승하여 고정보 월류언 EL(+8m 이상인 구간에서 고정보를 월류하는 유량이 계산되었다(<그림 5.1.3-2>).

<그림 5.1.3-3>에 출력파일 SINK.OUT을 제시하였다. 월류 유량은 표층에서만 계산됨을 확인할 수 있다.



<그림 5.1.3-1> 가동보 월류량 시계열



<그림 5.1.3-2> 고정보 월류량 시계열

N	TIME	ID	HUP	HDW	DIF	Q				
12	1.0007	73	10.00	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1.0014	73	10.00	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	1.0021	73	10.00	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
48	1.0028	73	10.00	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	10	20	30	40	50	60	70	80		
6936	1.4014	73	10.60	8.09	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	39.49
6948	1.4021	73	10.60	8.09	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	39.41
6960	1.4028	73	10.60	8.09	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	39.33

<그림 5.1.3-3> 가동보 유량 계산 결과 (SINK.OUT)

5.2 가동보 가동

“예제3_가동보가동” 참조

가동보 가동 조건 설정 방법을 실습하고 가동보 가동시에도 상류 수위가 가동보의 월류언보다 높으면 가동보 상단을 월류하는 기능을 확인한다.

5.2.1 실험 조건

“5.1 가동보와 고정보”에서 구성한 실험조건에서 가동보 가동 조건을 추가하였다. 실험에서 구성한 상류측 가동보의 조건을 <표 5.2.1-1>에, 가동보 가동 모식도를 <그림 5.2.1-1>에 제시하였다. 하류측 고정보는 “5.1 가동보와 고정보”의 구성과 동일하다.

<표 5.2.1-1> 가동보 조건

구분	내용			
상류측 가동보	하단표고 :	EL(+) 5m	수문 높이 :	5m
	상단표고 :	EL(+) 10m	수문 폭 :	20m
	가동 조건 :	개문 높이 0.5m 전층 동일 비율 방류		



<그림 5.2.1-1> 가동보 가동 유량 계산 결과 (SINK.OUT)

가동보 가동시 수문을 0.5m 만큼 개방하므로 가동보의 상단표고는 보 개방 중 EL(+) 10.5m 로 상승한다. 상류수위가 1.4일에 최대 EL(+) 10.6m 까지 상승하므로 가동보 가동시에도 상단을 월류하는 유량이 계산될 것으로 예상할 수 있다.

5.2.2 입력 조건 구성

● GATESER.INP

가동보의 가동은 "5.1 가동보와 고정보"에서 구성한 실험조건에서 가동보 운영 부분만 변경하였다(<그림 5.2.2-1>).

가동보 운영 시계열에서 IAG를 1로 구성하면 가동보가 운영된다. 1.1일에 IAG=1로 설정했기 때문에 가동보 수문이 열린다. 이때 GUPH=0.5로 지정하여 수문 개방 높이는 0.5m이다. 1.9일에는 IAG=0으로 설정하여 1.9일부터 가동보 수문이 닫힌다.

C	ISTYP	MQCTL	GCCSER									
C	GCSER	IAG	NGATE	SEL1	SEL2	GUPH	GQSUM	GKMUL				
0		4	86400.0	' ***	GATESER_1							
1.000		0	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
1.100		1	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
1.900		0	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
999.0		0	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
0		2	86400.0	' ***	GATESER_2 고정보							
1.000		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
999.0		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

<그림 5.2.2-1> 보 운영 시계열 (GATESER.INP)

5.2.3 실험 결과

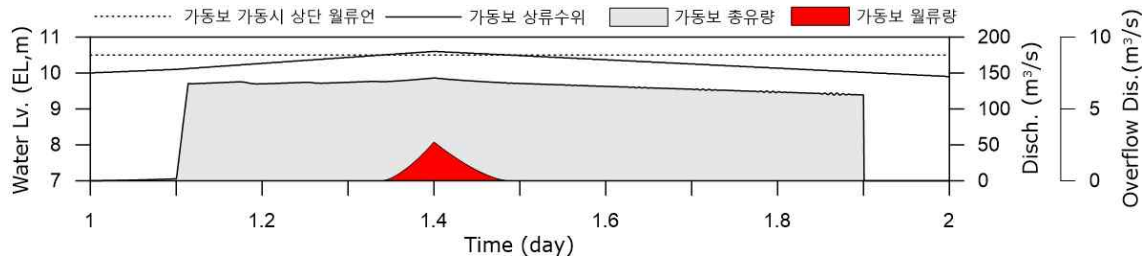
<그림 5.2.3-1>에 가동보 유량 시계열을 제시하였다. 가동보 미가동시에 작은 유량이 계산되었는데 이는 미가동시 가동보 상단을 월류한 유량이다. 가동보 가동이 시작되는 1.1일부터 가동보 유량이 증가한다. 상류수위가 가동보 수문 개방시 상단표고 EL(+10.5m)보다 높은 1.4일 부근에서는 가동보 월류량이 계산되었다.

<그림 5.2.3-2>와 <그림 5.2.3-3>에 층별 계산된 유량값을 확인하기 위해 SINK2.OUT을 제시하였다. 결과의 컬럼은 타임스텝(N), 일단위의 시간(TIME), 층별 유량(01_K01~01_K05), 가동시 월류량(01_O00)으로 구성된다. 가장 앞의 "01"은 첫 번째 보인 가동보를 의미한다.

1.1일까지는 가동보가 미가동상태이고 상류수위는 가동보 미가동시 상단표고 EL(+10.5m)보다 높으므로 표층에서 월류 유량이 계산된다. 1.1일 이후에는 가동보 수문 개방면서 전층에서 유량이 계산된다.

가동보 수문 개방 이후 상류수위가 가동보 수문 개방시 상단표고 EL(+10.5m)보다 높은 1.4일 부근에서는 보의 하단부를 통과하는 유량과 상단을 월류하는 유량이 함께

계산된다.



<그림 5.2.3-1> 가동보 유량 시계열

N	TIME	01_K01	01_K02	01_K03	01_K04	01_K05	01_000
12	1.00069	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1.00139	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0							
1656	1.09583	0.00	0.00	0.00	0.00	2.53	0.00
1668	1.09653	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56	0.00
1680	1.09722	0.00	0.00	0.00	0.00	2.58	0.00
1692	1.09792	0.00	0.00	0.00	0.00	2.61	0.00
1704	1.09861	0.00	0.00	0.00	0.00	2.64	0.00
1716	1.09931	0.00	0.00	0.00	0.00	2.67	0.00
1728	1.10000	0.00	0.00	0.00	0.00	2.69	0.00
1740	1.10069	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	0.00
1752	1.10139	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	0.00

<그림 5.2.3-2> 가동보 층별 유량 (SINK2.OUT, 1.1일 부근)

N	TIME	01_K01	01_K02	01_K03	01_K04	01_K05	01_000
12	1.00069	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1.00139	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0							
6876	1.39792	28.06	28.06	28.06	28.06	28.06	2.55
6888	1.39861	28.07	28.07	28.07	28.07	28.07	2.60
6900	1.39931	28.08	28.08	28.08	28.08	28.08	2.65
6912	1.40000	28.10	28.10	28.10	28.10	28.10	2.69
6924	1.40069	28.10	28.10	28.10	28.10	28.10	2.67
6936	1.40139	28.09	28.09	28.09	28.09	28.09	2.63
6948	1.40208	28.08	28.08	28.08	28.08	28.08	2.60
6960	1.40278	28.07	28.07	28.07	28.07	28.07	2.57
6972	1.40347	28.05	28.05	28.05	28.05	28.05	2.54

<그림 5.2.3-3> 가동보 층별 유량 (SINK2.OUT, 1.4일 부근)

5.3 어도

“예제4_어도” 참조

어도 조건 설정 방법을 실습한다.

5.3.1 실험 조건

상류에 어도를 구성한다. 실험에서 구성한 어도의 조건을 <표 5.3.1-1>에 제시하였다. 하류측 고정보는 앞선 실험과 동일하다. 어도는 상류 수위가 EL(+)10m 이상일 경우 $10\text{m}^3/\text{s}$ 의 유량을 부여하는 조건이다.

<표 5.3.1-1> 어도 조건

구분	내용	
어도	어도 통과 가능 수위 :	EL(+)10m
	어도 유량	$10\text{m}^3/\text{s}$

5.3.2 입력 조건 구성

어도를 구성하기 위해 EFDC.INP, GATECTL.INP, GATESER.INP와 실험에 적용한 상류측 수위 PSER.INP조건을 제시하였다.

● EFDC.INP

- 어도와 고정정보가 구성되기 때문에 C23의 NQCTL, NQCTLT를 각각 2로 구성하였다.
- C32에서 어도 및 고정정보 격자 정보를 앞선 실험과 동일하게 지정하였다.
- 어도를 지정하기 위해 C32의 NQCTYP를 "8"로 입력하였다. 고정정보는 앞선 실험과 동일하게 "7"이다.

C32	IQCTLU	JQCTLU	IQCTLD	JQCTLD	NQCTYP	NQCTLQ	NQCMUL	NQC_U	NQC_D	BQC_U	BQC_D
3	123	3	121	8	1	0	0	0	0	0	0
3	5	3	3	7	2	0	0	0	0	0	0

● GATECTL.INP

- 앞선 실험 조건으로부터 어도 구성시 변경된 정보는 다음과 같다.
- GC2 NGATE : 수문의 수를 지정하는 것으로 어도는 1로 설정한다.

GC2	NGATE	NGATEC	NGTYP
	1	1	1
	1	1	2

- GC3에서는 어도 통과유량 부여시 유량을 서서히 증가시키기 위한 설정만 필요하다.
- GOTIME, GCTIME : 어도 유량 부여시 20분간 서서히 증감하는 조건을 설정하였다.

GC3	SILL	SILLHH	GATEHI	GATEHO	GATEWI	GATEWO	MAXQ	GOTIME	GCTIME	IATS
	10.00	10.00	0.	0.	0.0	0.0	-1.	20.	20.	1
	8.00	8.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	00.	00.	1

- GC5의 SEL1에 어도 통과 가능수위를 지정하나 GATESER.INP에서 재지정할 수 있다.

GC5	DELHINOUT	DELHSEL1	SEL1	SEL2	TIDCHK
	0.01	0.01	10.0	0.0	-1.
	0.01	0.01	8.0	0.0	-1.

- 다른 설정은 앞선 실험과 동일하다.

● GATESER.INP

GATESER.INP에서 어도 운영 시계열을 입력한다.

- IAG : 1일부터 모의 종료시까지 1로 구성하여 조건이 되면 어도 유량을 부여하도록 설정하였다.

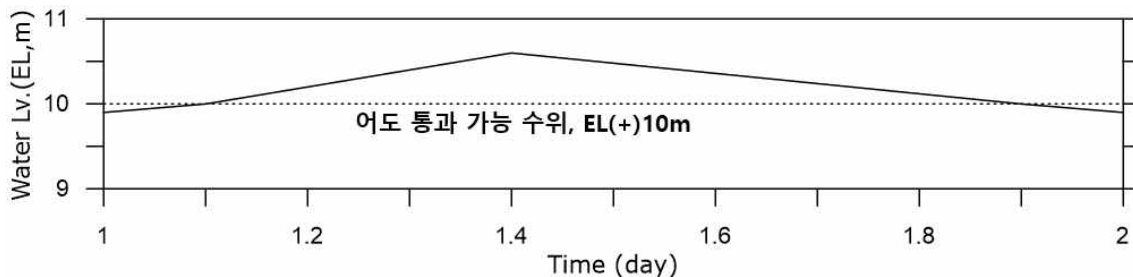
- NGATE : 어도의 수를 1로 지정하였다.
- SEL1 : 어도 통과 가능 수위를 지정한다. 상류수위가 여기에서 지정한 수위보다 높으면 어도 유량을 부여한다.
- GQSUM : 어도 통과 유량을 지정한다. 상류수위가 SEL1 보다 높으면 별도의 계산없이 GQSUM에서 지정한 유량을 부여한다.
- GQMUL : 증별 유량 비율을 입력한다. 여기서는 증별로 균일하게 입력하였다.

C	ISTYP	MQCTL	GCCSER										
C	GCSER	IAG	NGATE	SEL1	SEL2	GUPH	GQSUM	GQMUL					
C													
0		2	86400.0	***	GATESER_1								
1.000		1	1	10.00	999.0	999.	10.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
999.0		1	1	10.00	999.0	999.	10.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	

● PSER.INP

어도 유량이 정확히 부여되는지 확인하기 위하여 PSER.INP에서 북측 경계의 수위를 지정하였다.

<그림 5.3.2-1>에 북측 경계의 수위 시계열을 제시하였다. 초기 수위는 EL(+)9.9m이며 1.1일에 EL(+)10m이고 1.4일까지 상승하다가 1.9일에 EL(+)10m로 하강하고 이후 2일에는 EL(+)9.9m로 하강한다. 따라서 어도 유량은 1.1일부터 1.9일까지 부여됨을 예상할 수 있다.

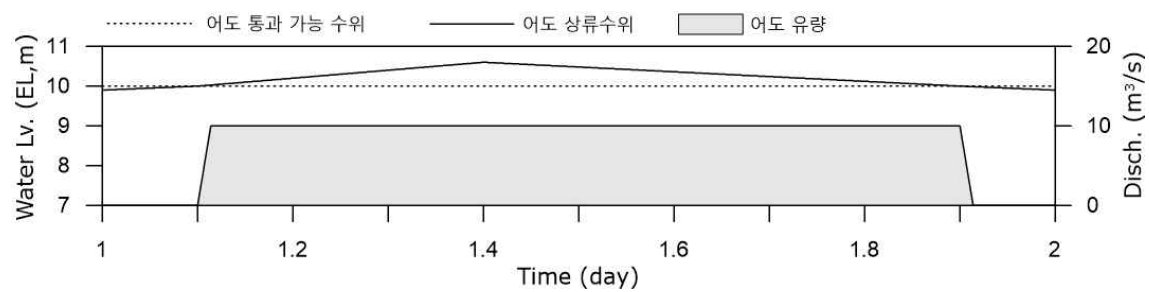


<그림 5.3.2-1> PSER.INP의 북측 경계 수위 시계열

5.3.3 실험 결과

<그림 5.3.3-1>에 어도 유량 시계열을 제시하였다. 상류수위가 어도 통과 가능 수위인 EL(+)1.0m보다 높은 1.1일 이후 어도 유량이 부여되었다. 유량은 실험조건중 GATESER.INP의 GQSUM에서 입력한 $10\text{m}^3/\text{s}$ 이며, 1.9일 이후 상류수위가 EL(+)1.0m보다 낮아질 때까지 유지된다.

최초 유량 발생 시가와 종료 시기에 유량이 서서히 증감한다. 이는 GATECTL.INP의 GOTIME과 GCTIME에서 지정한 20분간의 효과이다.



<그림 5.3.3-1> 어도 유량 시계열

5.4 소수력 발전소

“예제5_소수력발전소” 참조

소수력 발전소 조건 설정 방법을 실습한다.

5.4.1 실험 조건

상류에 소수력 발전소를 구성하였다. 실험에서 구성한 소수력 발전소의 조건을 <표 5.4.1-1>에 제시하였다. 하류측 고정보는 앞선 실험과 동일하다. 본 실험의 소수력 발전소는 가동 최저 수위가 EL(+)10.0m로 상류수위가 EL(+)10.0m 이상시 최소 유량인 10m³/s이다. 최고 유량이 부여되는 수위는 EL(+)10.2m이며 상류수위가 EL(+)10.2m 또는 그 이상일 경우 최고 유량인 20m³/s가 부여된다. 상류수위가 EL(+)10.0m~EL(+)10.2m 사이에서는 최소 유량과 최고 유량값이 내삽된다.

<표 5.4.1-1> 소수력 발전소 조건

구분	내용	
소수력 발전소	가동 최저 수위 :	EL(+)10.0m, 최소 유량 : 10m ³ /s
	최고 유량 수위 :	EL(+)10.2m, 최고 유량 : 20m ³ /s
	수량 :	1기

5.4.2 입력 조건 구성

소수력 발전소를 구성하기 위해 EFDC.INP, GATECTL.INP, GATESER.INP 조건을 제시하였다.

● EFDC.INP

- 소수력 발전소와 고정보가 구성되기 때문에 C23의 NQCTL, NQCTLT를 각각 2로 구성하였다.
- C32에서 소수력 발전소 및 고정보 격자 정보를 앞선 실험과 동일하게 지정하였다.
- 소수력 발전소를 지정하기 위해 C32의 NQCTYP를 "9"로 입력하였다. 고정보는 앞선 실험과 동일하게 "7"이다.

C32	IQCTLU	JQCTLU	IQCTLD	JQCTLD	NQCTYP	NQCTLQ	NQCMUL	NQC_U	NQC_D	BQC_U	BQC_D
3	123	3	121	9	1	0	0	0	0	0	0
3	5	3	3	7	2	0	0	0	0	0	0

● GATECTLINP

- GC2 NGATE : 소수력 발전소의 수차 수를 지정하며 실험에서는 1로 설정하였다. 만약 소수력 발전소의 수차가 더 많다면 해당되는 수를 입력한다.

GC2	NGATE	NGATEC	NGTYP
	1	1	1
	1	1	2

- GC3에서는 소수력 발전소 통과유량 부여시 유량을 서서히 증가시키기 위한 설정만 필요하다.
- GOTIME, GCTIME : 소수력 발전소 유량 부여시 20분간 서서히 증감하는 조건을 설정하였다.

GC3	SILL	SILLHH	GATEHI	GATEHO	GATEWI	GATEWO	MAXQ	GOTIME	GCTIME	IATS
	10.00	10.00	0.	0.	0.0	0.0	-1.	20.	20.	1
	8.00	8.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	00.	00.	1

- 다른 설정은 앞선 실험과 동일하다.

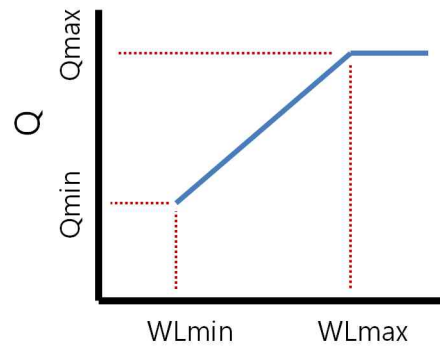
● GATESER.INP

GATESER.INP에서 소수력 발전소의 가동 최소 수위, 최소 유량, 최대 유량 수위, 최대 유량과 가동 운영 시계열을 입력한다.

- IAG : 1일부터 모의 종료시까지 1로 구성하여 조건이 되면 소수력 발전소 유량을 부여하도록 설정하였다.
- NGATE : 소수력 발전소 가동 수차의 수를 1로 지정하였다. 만약 더 많은 수의 수차가 가동되는 조건이면 해당되는 수를 입력한다.

C	ISTYP	MQCTL	GCCSER									
C	GCSER	IAG	NGATE	SEL1	SEL2	GUPH	GQSUM	GKMUL				
C												
0		2	86400.0	'	***	GATESER_1						
1.000		1	1	10.00	10.2	10.	20.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
999.0		1	1	10.00	10.2	10.	20.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

SEL1, SEL2, GUPH, GQSUM에 각각 소수력 발전소의 가동 최소 수위, 최소 유량, 최대 유량 수위, 최대 유량을 입력한다. 각각의 의미를 <그림 5.4.2-1>에 제시하였다.



<그림 5.4.2-1> 소수력 발전소 유량 조건

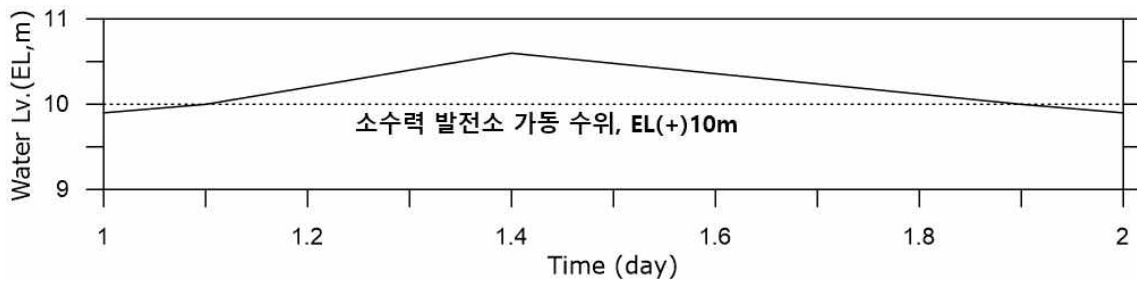
- SEL1 : 소수력 발전소의 가동 최소 수위이다. <그림 5.4.2-1>에서 x축의 WLmin에 해당한다. 상류 수위가 WLmin이거나 그보다 낮은 경우 Qmin의 유량이 부여된다.
- SEL2 : 소수력 발전소의 최대 유량 수위이다. <그림 5.4.2-1>에서 x축의 WLmax에 해당한다. 상류 수위가 WLmax이거나 그보다 높은 경우 Qmax의 유량이 부여된다.
- GUPH : 소수력 발전소 가동시 최소 유량이다. <그림 5.4.2-1>에서 y축의 Qmin에 해당한다. 상류 수위가 WLmin이거나 그보다 낮은 Qmin의 유량이 부여된다.
- GQSUM : 소수력 발전소 가동시 최대 유량이다. <그림 5.4.2-1>에서 y축의 Qmax에 해당한다. 상류 수위가 WLmax이거나 그보다 높은 경우 Qmax의 유량이 부여된다.

상류 수위가 WLmin과 WLmax 사이일 경우 Qmin과 Qmax의 내삽 유량이 부여된다.

● PSER.INP

소수력 발전소 유량이 정확히 부여되는지 확인하기 위하여 PSER.INP에서 복측 경계의 수위를 지정하였다.

<그림 5.4.2-2>에 복측 경계의 수위 시계열을 제시하였다. 초기 수위는 EL(+)9.9m이며 1.1일에 EL(+)10m이고 1.4일까지 상승하다가 1.9일에 EL(+)10m로 하강하고 이후 2일에는 EL(+)9.9m로 하강한다. 따라서 소수력 발전소 유량은 1.1일부터 1.9일까지 부여됨을 예상할 수 있다.



<그림 5.4.2-2> PSER.INP의 복측 경계 수위 시계열

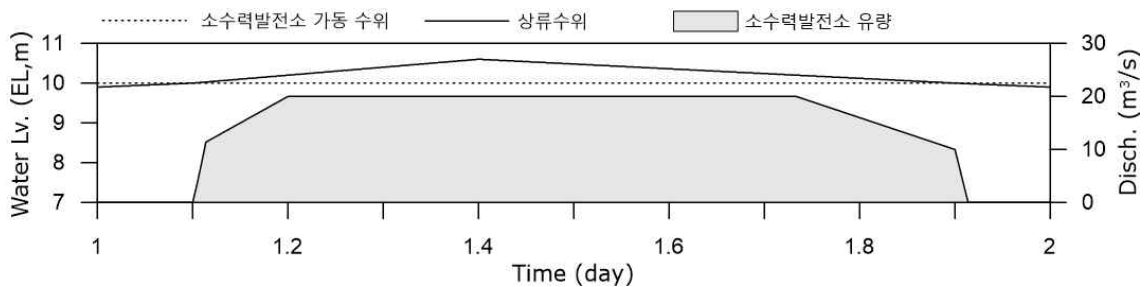
5.4.3 실험 결과

<그림 5.4.3-1>에 소수력 발전소 유량 시계열을 제시하였다. 상류수위가 소수력 발전소 가동 최소 수위인 EL(+10.0m보다 높은 1.1일 이후 유량이 부여되었다.

유량은 상류 수위에 따라 실험조건중 GATESER.INP의 GUPH에서 입력한 $10\text{m}^3/\text{s}$ 최소 유량과 GQSUM에서 입력한 $20\text{m}^3/\text{s}$ 최대 유량이 반영되었다.

상류 수위가 최대 유량 수위인 EL(+10.2m 이상인 경우에는 최대 유량인 $20\text{m}^3/\text{s}$ 가 부여되었다.

상류 수위가 EL(+10.0~10.2m 사이에서는 GUPH와 GQSUM 유량의 내삽 유량값이 부여되었다.



<그림 5.4.3-1> 소수력발전소 유량 시계열

5.5 다기능 보 복합 적용

“예제6_다기능보복합” 참조

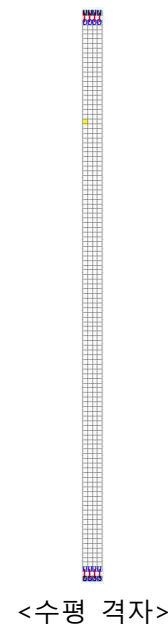
“5.1 가동보와 고정보”~“5.4 소수력 발전소”에서 보 모듈의 기능을 각각 구현하였다. 이번 절에서는 보 모듈 각각의 기능을 모델 하나에 복합적으로 적용하는 방법을 실습한다.

5.5.1 격자 구성

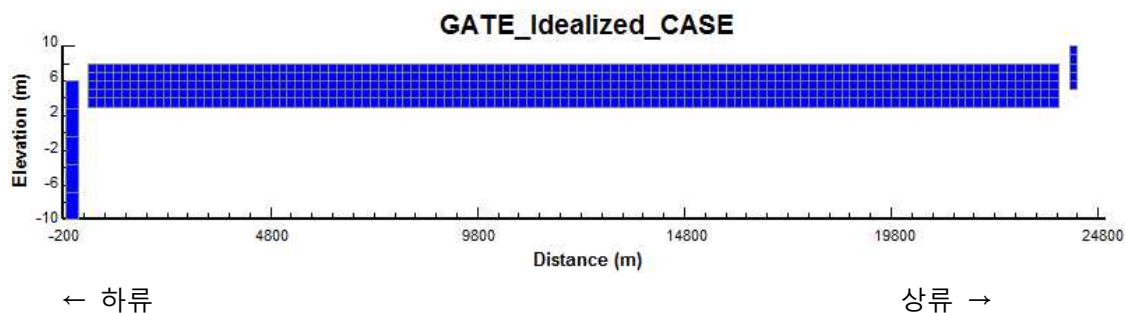
보 모듈 복합 테스트를 위해 Idealized 모델을 구성하였다. Idealized 모델 개요와 수평격자망을 <표 5.5.1-1>에, 격자의 단면도를 <그림 5.5.1-1>에 제시하였다.

<표 5.5.1-1> Idealized 모델 개요

항목	내용
목적	보 모듈 테스트
수평격자 수	4×119, 476개
수평격자간격	200m
수직격자 수	5개 (등 시그마 간격)
수위 및 수심	상류 : 수위 EL(+)10m / 수심 5m 중류 : 수위 EL(+)8m / 수심 5m 하류 : 수위 EL(+)6m / 수심 16m
보 구성	상류 : 다기능 보 복합 구성 하류 : 고정보 구성



<수평 격자>



<그림 5.5.1-1> 격자 단면도

수평 격자는 4×119개이며, 남북방향으로 긴 형태이다. 수평격자간격은 200m, 수

직 층은 5개 등 시그마 간격으로 구성하였다. 상류에는 다기능 보를 복합적으로 구성하고, 하류층에는 고정보를 구성하였다. 상류층의 초기 수위는 EL(+)10m, 중류는 EL(+)8m, 하류는 EL(+)6m이다.

5.5.2 실험 조건

상류 다기능 보에 어도, 고정보, 가동보, 소수력 발전소를 구성하고, 하류에는 고정보를 구성하였다. 실험에서 구성한 상하류층 보 구성 모식도를 <그림 5.5.2-1>에 제시하였다.



<그림 5.5.2-1> 상·하류 보 구성 모식도

● 상류 다기능 보

상류 다기능 보의 제원을 <표 5.5.2-1>에 제시하였다.

어도, 고정보, 가동보, 소수력 발전소의 제원은 앞선 실험과 동일하게 적용하였다. 단, 가동보의 문수는 3문, 소수력 발전소의 수량은 2기로 변경하였다.

● 하류 고정보

하류 고정보 제원을 <표 5.5.2-2>에 제시하였다.

한 격자에 적용된 고정보의 폭이 200m이고 4개의 격자이므로 800m의 고정보가 구성되어 있다.

<표 5.5.2-1> 상류 다기능 보 제원

구분	내용			
어도	어도 통과 가능 수위 :		EL(+)10m	
	어도 유량 :		10m ³ /s	
고정보	상단표고 :	EL(+)8m	폭 :	200m
가동보	하단표고 :	EL(+)5m	수문 높이 :	5m
	상단표고 :	EL(+)10m	수문 폭 :	20m
	문수 :	3문		
	가동 조건 :	개문 높이 0.5m		
소수력 발전소	가동 최저 수위 :	EL(+)10.0m,	최소 유량 :	10m ³ /s
	최고 유량 수위 :	EL(+)10.2m,	최고 유량 :	20m ³ /s
	수량 :	2기		

<표 5.5.2-2> 하류 고정보 제원

구분	내용			
고정보	상단표고 :	EL(+)8m	폭 :	200m

※ 고정보는 4개의 격자에 적용되므로 800m의 고정보가 구성됨

5.5.3 입력 조건 구성

상류측 다기능 보와 하류측 고정보를 구성하기 위해 EFDC.INP, GATECTL.INP, GATESER.INP와 실험에 적용한 상류측 수위 PSER.INP조건을 제시하였다.

● EFDC.INP

- 상류측과 하류측에 각각 4개의 격자에 보가 고정정보가 구성되기 때문에 C23의 NQCTL은 8을 입력하였다. NQCTLT는 각각의 보에 시계열을 부여하기 위하여 8로 구성하였다.

C23	NUBS	NUBW	NUBE	NUBN	NQSIJ	NQJPIJ	NQSER	NQCTL	NQCTLT
	0	0	0	0	0	0	0	8	8

- C32에서 보 적용 격자 인덱스를 입력한다. 상류에 어도, 고정보, 가동보, 소수력 발전소 4개를 설정하고, 하류에 고정보 4개를 설정했으므로 C32는 8줄로 구성한다. 변수 IQCTLU, JQCTLU, IQCTLD, JQCTLD에 보의 상·하류 격자를 입력한다.
- NQCTYP에 보의 형식을 지정한다. 상류측 어도=8, 고정보=7, 승강식 가동보=31, 소수력 발전소=9를 입력하였고, 하류측 고정보는 모두 7을 입력하였다.
- NQCTLQ는 보 운영 시계열의 ID 번호이다. 첫 줄에 1을 입력하고 다음 줄부터 순차적으로 수를 증가시켰다.

C32	IQCTLU	JQCTLU	IQCTLD	JQCTLD	NQCTYP	NQCTLQ	NQCMUL	NQC_U	NQC_D	BQC_U	BQC_D	
3	123	3	121	8	1	0	0	0	0	0	0	!어도
4	123	4	121	7	2	0	0	0	0	0	0	!고정보
5	123	5	121	31	3	0	0	0	0	0	0	!가동보
6	123	6	121	9	4	0	0	0	0	0	0	!소수력발전소
3	5	3	3	7	5	0	0	0	0	0	0	!고정보하류
4	5	4	3	7	6	0	0	0	0	0	0	!고정보하류
5	5	5	3	7	7	0	0	0	0	0	0	!고정보하류
6	5	6	3	7	8	0	0	0	0	0	0	!고정보하류

● GATECTL.INP

GATECTL.INP에서 보의 기본 사항을 입력한다.

- GC1의 NGTYPES에서 보 모듈 개수인 8을 입력한다. GARTM, IWSYS는 사용하지 않으므로 0으로 입력하였다.

GC1	NGTYPES	GARTM	IWSYS
	8	0.	0

- GC2부터 보의 수만큼 line을 반복한다. 즉, 보가 8개 이므로 각각 한 줄씩 구성하여 모두 8줄의 입력자료를 구성한다.

- NGATE : 수문의 수이다. 가동보의 수문을 3개로, 소수력 발전소의 수차를 2기로 설정하였다. 나머지 조건은 모두 1로 설정하였다.
- NGATEC : 보가 적용되는 격자의 수이다. 여기에서는 각각 1개의 격자에 적용되었으므로 1을 입력한다.
- NGTYP : 보의 순서대로 1부터 수를 입력한다.

GC2	NGATE	NGATEC	NGTYP	
	1	1	1	' *** GATESER_1 어도_상
	1	1	2	' *** GATESER_2 고정보_상
	3	1	3	' *** GATESER_3 가동보_상
	2	1	4	' *** GATESER_4 소수력_상
	1	1	5	' *** GATESER_5 고정보_하
	1	1	6	' *** GATESER_6 고정보_하
	1	1	7	' *** GATESER_7 고정보_하
	1	1	8	' *** GATESER_8 고정보_하

- GC3는 보의 제원을 입력한다. 보 마다 제원이 다르므로 신중하게 입력해야 한다.
- SILL : 고정보는 상단표고를, 가동보는 하단표고를 입력한다. 어도와 소수력 발전소에서는 사용되지 않는 변수이나 형식을 맞추기 위해 임의의 수를 입력한다.
- SILLHH : 가동보 미가동시 상단 월류언 높이를 입력하고, 고정보는 SILL과 동일한 값을 입력한다. 어도와 소수력 발전소에서는 사용되지 않는 변수나 형식을 맞추기 위해 임의의 수를 입력한다.
- GATEHI, GATEHO : 가동보 수문의 높이를 입력한다.
- GATEWI, GATEWO : 가동보의 경우 수문 1문의 폭을 입력하고, 고정보는 고정보의 폭을 입력한다.
- MAXQ : 가동보의 최대 유량을 지정한다. 홍수시 최대 유량이 정해진 보의 경우 입력하고, 그러한 조건이 없다면 -1을 입력한다. 고정보, 어도, 소수력 발전소에서는 사용되지 않는 조건이다.
- GOTIME, GCTIME : 유량계산 시작 시 큰 유량이 계산되어 모델이 불안정해지는 현상을 방지하기 위하여 입력한 시간동안 서서히 유량을 증가시키기 위한 설정이다. 여기에서는 고정보를 제외한 나머지 조건에서 20분을 설정하였다.
- IATS : 상류수위의 시간평균 계산용 타임스텝의 수이다. 예상치 못한 수치진동을 억제하기 위해 수위를 평균하여 적용하기 위한 기능이다. 여기에서는 1을 입력하여 매 타임스텝마다의 수위를 그대로 적용하였다.

GC3	SILL	SILLHH	GATEHI	GATEHO	GATEWI	GATEWO	MAXQ	GOTIME	GCTIME	IATS	
	10.00	10.00	0.	0.	0.0	0.0	-1.	20.	20.	1	' *** GATESER_1 어도_상
	10.00	10.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	0.	0.	1	' *** GATESER_2 고정정보_상
	5.00	10.00	5.	5.	20.0	20.0	-1.	20.	20.	1	' *** GATESER_3 가동정보_상
	10.00	10.00	0.	0.	0.0	0.0	-1.	20.	20.	1	' *** GATESER_4 소수력_상
	8.00	8.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	00.	00.	1	' *** GATESER_5 고정정보_하
	8.00	8.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	00.	00.	1	' *** GATESER_6 고정정보_하
	8.00	8.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	00.	00.	1	' *** GATESER_7 고정정보_하
	8.00	8.00	0.	0.	200.0	200.0	-1.	00.	00.	1	' *** GATESER_8 고정정보_하

- GC4에서 유량계수를 입력한다.
- 본 실험에서는 유량계수를 임의로 입력하였다. 향후 실제 지형에 적용할 경우에는 보정 과정을 거친 후 입력할 것을 권장한다.

GC4	CGH1	CGH2	CG1	CG2	CG3	CG4	CG5	CG6	CG7	CG8	NCG3FOM	
	0.00	99.0	0.321	0.321	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1	' *** GATESER_1 어도_상
	0.00	99.0	0.321	0.321	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1	' *** GATESER_2 고정정보_상
	0.00	99.0	0.321	0.321	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1	' *** GATESER_3 가동정보_상
	0.00	99.0	0.321	0.321	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1	' *** GATESER_4 소수력_상
	0.00	99.0	0.500	0.500	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1	' *** GATESER_5 고정정보_하
	0.00	99.0	0.500	0.500	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1	' *** GATESER_6 고정정보_하
	0.00	99.0	0.500	0.500	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1	' *** GATESER_7 고정정보_하
	0.00	99.0	0.500	0.500	0.600	0.600	0.600	0.713	0.600	0.600	1	' *** GATESER_8 고정정보_하

- GC5에서 보의 유량을 계산하는 수위 조건을 입력한다.
- DELHINOUT : 상·하류 수위차가 지정된 크기보다 큰 경우 유량을 계산한다. 여기서는 0.01m 이상의 수위차 발생시 유량을 계산한다.
- DELHSEL1 : 상류 수위와 상류 관리수위의 수위차가 지정된 크기보다 큰 경우 유량을 계산한다. 여기서는 0.01m 이상의 수위차 발생시 유량을 계산한다.
- SEL1 : 상류측 관리수위를 입력한다. 이 값은 보 모듈 운영 시계열 GATESER.INP에서도 다시 입력할 수 있다. 이러한 경우 GATESER.INP의 값이 우선 적용된다. 단, 고정보는 GATECTL.INP의 SEL1값을 기준으로 작동한다.
- SEL2 : 하천모델에서는 사용되지 않으므로 0을 입력한다.
- TIDCHK : 하천모델에서는 사용되지 않으며 반드시 -1을 입력한다.

GC5	DELHINOUT	DELHSEL1	SEL1	SEL2	TIDCHK	
	0.01	0.01	10.0	0.0	-1.	' *** GATESER_1 어도_상
	0.01	0.01	10.0	0.0	-1.	' *** GATESER_2 고정정보_상
	0.01	0.01	10.0	0.0	-1.	' *** GATESER_3 가동정보_상
	0.01	0.01	10.0	0.0	-1.	' *** GATESER_4 소수력_상
	0.01	0.01	8.0	0.0	-1.	' *** GATESER_5 고정정보_하
	0.01	0.01	8.0	0.0	-1.	' *** GATESER_6 고정정보_하
	0.01	0.01	8.0	0.0	-1.	' *** GATESER_7 고정정보_하
	0.01	0.01	8.0	0.0	-1.	' *** GATESER_8 고정정보_하

- GC6에서 수위 비교위치의 수를 입력한다.
- NICMP : 상류측 비교위치의 수이다. 1은 한 개의 위치를 의미한다. 2 이상일 경우 해당 위치의 평균 수위를 상류 수위로 계산한다.
- NOCMP : 하류측 비교위치의 수이다.

GC6	NICMP	NOCMP			
	1	1	'	*** GATESER_1	어도_상
	1	1	'	*** GATESER_2	고정보_상
	1	1	'	*** GATESER_3	가동보_상
	1	1	'	*** GATESER_4	소수력_상
	1	1	'	*** GATESER_5	고정보_하
	1	1	'	*** GATESER_6	고정보_하
	1	1	'	*** GATESER_7	고정보_하
	1	1	'	*** GATESER_8	고정보_하

- GC7에서 상류측 수위 비교위치의 격자번호를 입력한다.

GC7	ICMPI	JCMPI			
	3	123	'	*** GATESER_1	어도_상
	3	123	'	*** GATESER_2	고정보_상
	3	123	'	*** GATESER_3	가동보_상
	3	123	'	*** GATESER_4	소수력_상
	3	15	'	*** GATESER_5	고정보_하
	3	15	'	*** GATESER_6	고정보_하
	3	15	'	*** GATESER_7	고정보_하
	3	15	'	*** GATESER_8	고정보_하

- GC8에서 하류측 수위 비교위치의 격자번호를 입력한다.

GC8	ICMPO	JCMPO			
	3	112	'	*** GATESER_1	어도_상
	3	112	'	*** GATESER_2	고정보_상
	3	112	'	*** GATESER_3	가동보_상
	3	112	'	*** GATESER_4	소수력_상
	3	3	'	*** GATESER_5	고정보_하
	3	3	'	*** GATESER_6	고정보_하
	3	3	'	*** GATESER_7	고정보_하
	3	3	'	*** GATESER_8	고정보_하

- GC9는 하천모델에서 적용되지 않는다. IGY, IGMM, IGDD에 -1을, CLOC에 'NONE'을 입력한다.

GC9	IGY	IGMM	IGDD	CLOC			
	-1	-1	-1	'NONE'	'	*** GATESER_1	어도_상
	-1	-1	-1	'NONE'	'	*** GATESER_2	고정보_상
	-1	-1	-1	'NONE'	'	*** GATESER_3	가동보_상
	-1	-1	-1	'NONE'	'	*** GATESER_4	소수력_상
	-1	-1	-1	'NONE'	'	*** GATESER_5	고정보_하
	-1	-1	-1	'NONE'	'	*** GATESER_6	고정보_하
	-1	-1	-1	'NONE'	'	*** GATESER_7	고정보_하
	-1	-1	-1	'NONE'	'	*** GATESER_8	고정보_하

- GC10은 보 모듈 출력파일 여부와 시간간격을 설정한다. 보 모듈 출력파일은 SINK.OUT, SINKT.OUT, SINK2.OUT이며 모두 같은 설정이 적용된다. 모든 보에 적용되므로 한 줄만 입력하면 된다.

- ISINK : 보 모듈 출력파일 생성여부를 입력한다. 0은 출력하지 않고, 1은 출력파일을 생성한다.
- DTSNK : 보 모듈 출력 시간 간격을 분 단위로 설정한다.

GC10	ISINK	DTSNK
	1	1.

● GATESER.INP

GATESER.INP에서 보 운영 시계열을 입력한다.

EFDC.INP의 C23 NQCTL에 보 모듈 적용 시계열을 8로 입력했으므로 시계열은 8개의 세트로 구성해야한다. 여기서는 상류의 어도, 고정보, 가동보, 소수력 발전소와 하류의 고정보 시계열로 구성하였다.

각 시계열 세트 첫 줄의 변수는 ISTYP, MQCTL, GCCSER이다.

- ISTYP : 0으로 고정한다.
- MQCTL : 시계열 line 수를 입력한다.
- GCCSER : Reference time을 초단위로 입력한다. 여기서는 86400으로 고정한다.

각 시계열 세트 두 번째 줄부터 보 운영 시계열을 구성한다.

- GCSE : day 단위의 시간을 입력한다.
- IAG : 0이면 유량을 계산하지 않고, 1이면 유량을 계산한다. 즉, 0은 보 모듈 비활성화 이므로 가동보의 경우 수문을 닫은 상태이다. 1은 보 모듈이 활성화 되므로 가동보의 경우 수문을 개방한 상태이다.
- NGATE : 개방 수문의 수를 입력한다. 가동보의 경우 3개의 수문을 가동하고, 소수력 발전소는 2기를 가동하였다.
- SEL1 : 상류 관리수위이다. 상류의 어도, 가동보는 상류수위가 10m 이상인 경우 유량을 계산하도록 구성하였다. 고정보는 GATECTL.INP의 SILL에서 지정한 값을 사용 하므로 현재의 변수는 의미가 없다. 따라서 999를 입력하였다. 소수력 발전소의 경우 가동 최소 수위를 입력한다.
- SEL2 : 어도, 고정보, 가동보에서는 사용하지 않으므로 999를 입력하였다. 소수력 발전소의 경우 최대 유량 수위를 입력한다.
- GUPH : 가동보의 수문 개방 높이를 지정한다. 여기에서는 0.5m로 구성하였다. 어도, 고정보는 사용하지 않는 변수이다. 소수력 발전소는 가동시 최소 유량을 입력한다.

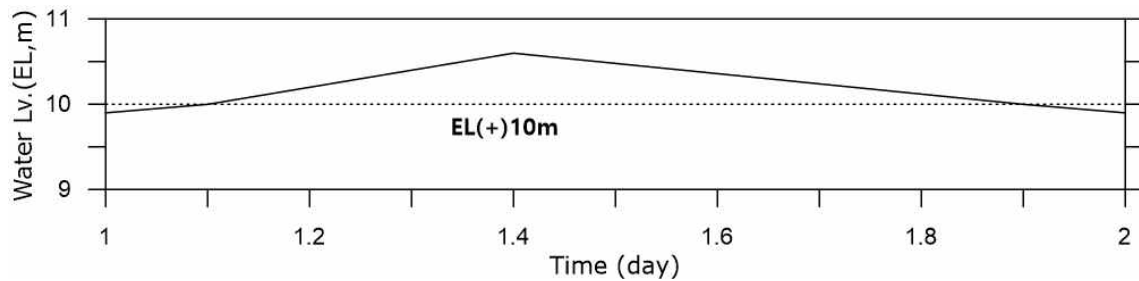
C	ISTYP	MQCTL	GCCSER										
C	GCCSER	IAG	NGATE	SEL1	SEL2	GUPH	GQSUM	GKMUL					
C													
0		2	86400.0	' ***	GATESER_1_어도_상								
1.000		1	1	10.00	999.0	999.	10.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
999.0		1	1	10.00	999.0	999.	10.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
0		2	86400.0	' ***	GATESER_2_고정보_상								
1.000		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
999.0		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
0		4	86400.0	' ***	GATESER_3_가동보_상								
1.000		0	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
1.100		1	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
1.900		0	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
999.0		0	3	10.00	999.0	0.5	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
0		2	86400.0	' ***	GATESER_4_소수력_상								
1.000		1	1	10.00	10.2	10.	20.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
999.0		1	1	10.00	10.2	10.	20.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
0		2	86400.0	' ***	GATESER_5_고정보_하								
1.000		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
999.0		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
0		2	86400.0	' ***	GATESER_6_고정보_하								
1.000		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
999.0		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
0		2	86400.0	' ***	GATESER_7_고정보_하								
1.000		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
999.0		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
0		2	86400.0	' ***	GATESER_8_고정보_하								
1.000		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
999.0		1	1	999.0	999.0	999.	-1.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	

- GQSUM : 수위 조건에 따른 자동운영일 경우 -1을 입력한다. 소수력 발전소는 가동시 최대 유량을 입력한다.
- GKMUL : 층별 유량 비율을 입력한다. 순서는 저층(K=1)부터 표층(K=KM) 순으로 입력한다. 여기서는 5개 층에 균일하게 유량을 부여하였다. 단, 고정보와 가동보 미가 동시에는 상단을 통해 월류하므로 예시와 같이 전층에 0.2를 부여하여도 모두 표층에서만 유량이 계산된다.

● PSER.INP

다기능 보의 유량이 정확히 계산되는지 확인하기 위하여 PSER.INP에서 북측 경계의 수위를 지정하였다.

<그림 5.5.3-1>에 북측 경계의 수위 시계열을 제시하였다. 초기 수위는 EL(+)9.9m이며 1.1일에 EL(+)10m이고 1.4일까지 상승하다가 1.9일에 EL(+)10m로 하강하고 이후 2일에는 EL(+)9.9m로 하강한다. 따라서 상류의 다기능 보는 1.1일부터 1.9일까지 작동됨을 예상할 수 있다.

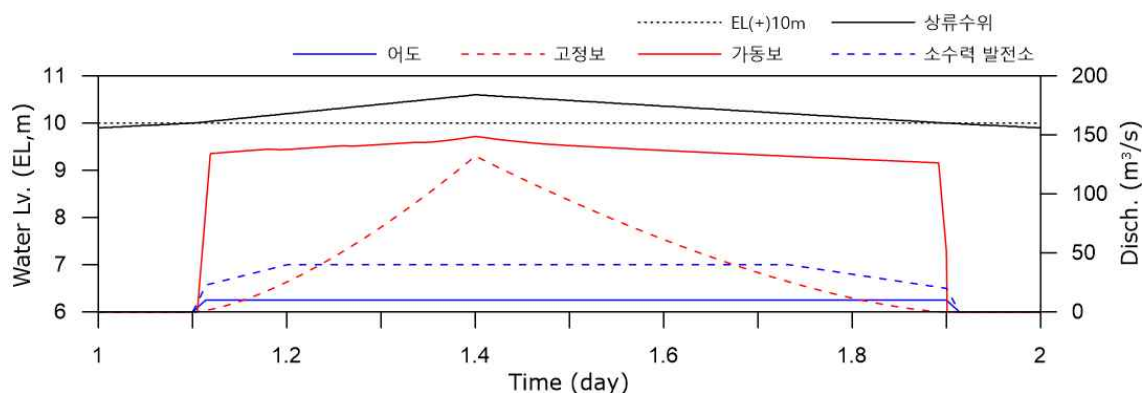


<그림 5.5.3-1> PSER.INP의 북측 경계 수위 시계열

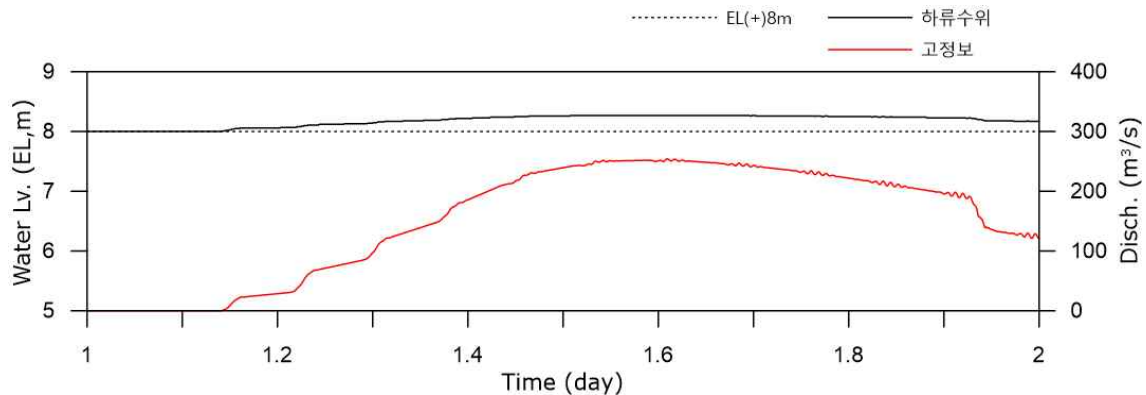
5.5.4 실험 결과

<그림 5.5.4-1>에 상류 다기능 보 유량 시계열을, <그림 5.5.4-2>에 하류 고정보 유량 시계열을 제시하였다. 상류수위가 EL(+)10.0m보다 높은 1.1일 이후 어도, 고정보, 가동보, 소수력 발전소의 유량이 부여되었다. 각각의 유량은 앞선 실험안의 결과와 유사하다.

하류측은 상류에서 유입된 유량의 영향으로 1.1일 이후 유량이 증가하면서 고정보를 월류하는 유량이 계산되었다.



<그림 5.5.4-1> 상류 다기능 보 유량 시계열



<그림 5.5.4-2> 하류 고정보 유량 시계열

참고문헌

- 국립환경과학원, 2010. 수질통합관리시스템 구축 용역.
- 국립환경과학원, 2011. 수질예보를 위한 3차원 동적 수리·수질모델 개선 연구
- 국립환경과학원, 2014. 수질예보 수치모델 및 수질예보시스템 고도화 연구(II).
- 국립환경과학원, 2015. 한강수계 상수원 보호를 위한 수질예측시스템 구축(II).
- 국립환경과학원, 2016. 조류 예측정확도 향상을 위한 입체 모니터링 및 예측모델 고도화 연구(I).
- 농업기반공사 농어촌연구원, 2004, 배수갑문 운영 및 관리방안 연구
- 오광철, 오희목, 이진환, 맹주선. 1995. 대청호 식물플랑크톤의 일주성 수직이동. 한국육수학회지. 28, 437-446.
- 황순진. 2015. 유해 남조류 아나베나의 휴면포자 발아에 미치는 요인. International Symposium on Freshwater Ecology and Cyanobacterial Bloom Dynamics 49~67.
- Anderson, R., 1993. A study of wind stress and heat flux over the open ocean by the inertial-dissipation method. J. Phys. Oceanogr., 23, 2153-2161.
- Banner, M., W. Chen, E. J. Walsh, J. Jensen, S. Lee, and C. Fandry, 1999. The Southern Ocean Waves Experiment. Part I: Overview and mean results. J. Phys. Oceanogr., 29, 2130-2145.
- Black, P., and Coauthors, 2007. Air-sea exchange in hurricanes: Synthesis of observations from the Coupled Boundary Layer Air-Sea Transfer experiment. Bull. Amer. Meteor. Soc., 88, 357-374.
- Bumke, K., U. Karger, and K. Uhlig, 2002. Measurements of turbulent fluxes of momentum and sensible heat over the Labrador Sea. J. Phys. Oceanogr., 32, 401-410.
- Cerco, C. F and T. M. Cole, 1994. Three-Dimensional Eutrophication Model of Chesapeake Bay. Volume I: Main Report. Technical Report EL-94-4. U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, May 1994.
- Cole, T., M. and Wells, S., A., 2003. CE-QUAL-W2: A Two-dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 3.1. Portland State University, PDXScholar.
- Dobson, F., S. Smith, and R. Anderson, 1994. Measuring the relationship between wind stress and sea state in the open ocean in the presence of swell. Atmos.-Ocean, 32, 237-256.
- Donelan, M. A., Drennan, W.M. and Katsaros, K. B., 1997. The air-sea momentum flux in conditions of wind sea and swell. J. Phys. Oceanogr., 27: 2087-2099.

- Drennan, W. M., H. C. Graber, and M. A. Donelan, 1999a. Evidence for the effects of swell and unsteady winds on marine wind stress. *J. Phys. Oceanogr.*, 29, 1853-1864.
- Drennan, W. M., H. C. Graber, D. Hauser, and C. Quentin, 2003. On the wave age dependence of wind stress over pure wind seas. *J. Geophys. Res.*, 108, 8062, doi:10.1029/2000JC000715.
- Drennan, W. M., K. K. Kahma, and M. A. Donelan, 1999b. On momentum flux and velocity spectra over waves. *Bound.-Layer Meteor.*, 92, 489-515.
- EPA, 1985. Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling(Second Edition).
- Foreman, R. J. and Emeis, S., 2010. Revisiting the Definition of the Drag Coefficient in the Marine Atmospheric Boundary Layer. *J. of Physical Oceanography*. 40, 2325-2332.
- Garratt, J.R., 1977. Review of drag coefficients over oceans and continents. *Mon. Wea. Rev.*, 105, 915-929.
- Geernaert, G. L., Larsen, S. E. and Hansen, F., 1987. Measurements of the wind stress, heat flux, and turbulence intensity during storm conditions over the North Sea. *Journal of Geophysical Research Ocean*, 92, 13127-13139.
- Geernaert, G., 1990. Bulk parameterizations for the wind stress and heat fluxes. *Surface Waves and Fluxes*, Kluwer Academic, 91-172.
- Graf, W. H., and J. P. Prost, 1980. Aerodynamic drag and its relation to the sea state: With data from Lake Geneva. *Meteor. Atmos. Phys.*, 29, 67-87.
- Graf, W. H., N. Merzi, and C. Perrinjaquet, 1984. Aerodynamic drag: Measured at a nearshore platform on Lake of Geneva. *Meteor. Atmos. Phys.*, 33, 151-173.
- Howard, A. 2001. Modeling movement patterns of the cyanobacterium, *Microcystis*. *Ecol Appl.* 11, 304-310.
- Janssen, J. A. M., 1997. Does the wind stress depend on sea-state or not? A statistical error analysis of HEXMAX data. *BoundLayer Meteor.*, 83, 479-503.
- Johnson, H. K., J. Højstrup, H. J. Vested, and S. E. Larsen, 1998. On the dependence of sea surface roughness on wind waves, *J. Phys. Oceanogr.*, 28, 1702-1716.
- Kromkamp, J and Walsby A.E., 1990. A computer model of buoyancy and vertical migration in cyanobacteria. *J. Plankton Res.* 12, 161-183.
- Large, W. and S. Pond, 1981. Open ocean momentum flux measurements in moderate to strong winds. *J. Phys. Oceanogr.*, 11, 324-336.
- Large, W. and S. Pond, 1982. Sensible and latent heat flux measurements over the ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, 12, 464-482.

- Larsen, X., V. Makin, and A. Smedman, 2003. Impact of waves on the sea drag: Measurements in the Baltic Sea and a model interpretation. *J. Atmos. Ocean Sci.*, 9, 97-120.
- Pennock, J. R., 1985. Chlorophyll distributions In the Delaware Estuary: regulation by light-limitation. *Estuar. coast. Shelf Sci.* 21, 711-725.
- Park, K., A.Y. Kuo, J. Shen and J.M. Hamrick. 2000. A three-Dimensional Hydrodynamic - Eutrophication Model (HEM-3D): Description of Water Quality and Sediment Process Submodels (EFDC Water Quality Model). Special Report in Applied Marine Science and Ocean Engineering No. 327, School of Marine Science, Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary, Gloucester Point, VA.
- Persson, P., J. Hare, C. Fairall, and W. Otto, 2005. Air-sea interaction processes in warm and cold sectors of extratropical cyclonic storms observed during FASTEX. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 131, 877-912.
- Petersen, G., and I. Renfrew, 2009. Aircraft-based observations of air-sea fluxes over Denmark Strait and the Irminger Sea during high wind speed conditions. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 135, 1950-1967, doi:10.1002/qj.455.
- Reynolds, C. S., 2006. Ecology of phytoplankton, Cambridge Univ. New York. 26.
- Reynolds, C. S., Oliver, R. L. and Walsby, A. E., 1987. Cyanobacterial dominance: the role of buoyancy regulation in dynamic lake environments. *NZ J Mar Freshwater Res.* 21, 379-390.
- Smith, S. and E. Banke, 1975. Variation of the sea surface drag coefficient with wind speed. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 101, 665-673
- Smith, S., 1980. Wind stress and heat flux over the ocean in gale force winds. *J. Phys. Oceanogr.*, 10, 709-726.
- Vickers, D. and Mahrt, L., 1997. Fetch limited drag coefficients, *Boundary-layer Meteorology*, 88, 53-79.
- Visser, P. M., Passarge, J. and Mur, L. R., 1997. Modelling vertical migration of the cyanobacterium *Microcystis*. *Hydrobiologia* 349, 99-109.
- Wallace, B. B. and Hamilton, D. P., 2000. Simulation of water-bloom formation in the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *J Plankton Res.* 22, 1127-1138.
- Wu, J., 1980. Wind-stress coefficients over sea surface stress near neutral conditions-a revisit. *J. Phys. Oceanogr.*, 10: 727-740.
- Yelland, M. J. and P. K. Taylor, 1996. Wind stress measurements from the open ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, 26, 541-558.
- Yelland, M. J., B. I. Moat, P. K. Taylor, R. W. Pascal, J. Hutchings, and V. C. Cornell. 1997. Wind Stress Measurements from the Open Ocean Corrected for Airflow

Distortion by the Ship. J. Phys. Oceanogr., 28, 1511–1526.

Thomann, R.V., Jaworski, N.J., Nixon, S.W., Paerl, H.W. & Taft, J. 1985. The 1983 algal bloom in the Potomac Estuary. The Algal Bloom Expert Panel, Prepared for the Potomac Strategy State/EPA Management Committee, US EPA Region III, Philadelphia, PA.