

# ArcGIS Pro 에서 Arc Hydro 활용하기

제품 : ArcGIS Pro

제작일 : 2020 년 01 월 07 일

제작 : 한국에스리 기술지원센터



## 개요

본 문서는 수문분석을 위한 ArcGIS Pro 에서의 Arc Hydro 활용법에 관한 한국에스리 기술문서입니다.

이 문서와 관련된 내용에 대한 문의/건의 등을 원하신다면, 다음의 연락망을 통하여 한국에스리 기술지원센터로 연락 주시기 바랍니다.

- 한국에스리 기술지원센터 (유지관리 고객 대상)
  - 고객지원 홈페이지 : <http://www.esrikr.com/self-service/>
  - 이메일 : [help@esrikr.com](mailto:help@esrikr.com)
  - 전화 : 080-850-0915 | 운영시간: 평일 오전 9시 ~ 오후 6시
- 24 시간 기술지원 리소스 :
  - 한국에스리 기술자료 : <http://esrikr.com/article-categories/technical/>
  - Esri 기술지원 페이지(영문) : <http://support.esri.com>
- ArcGIS Pro 도움말 : <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/>
- ArcMap 도움말 : <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/>

## 수문분석(Hydrology) 소개

### 1. 수문분석(Hydrology) 분석별 워크플로우

#### 1) 수문학적 조건의 표고 모델 생성 (Hydrologic conditioning)

수문분석은 기본적으로 표고 모델(Elevation model)의 사용으로부터 시작된다. 표고 모델은 셀에서 셀로 흐르는 유수의 방향을 설정할 때 사용할 수 있다. 그러나 표고 모델에 오류가 있거나 카르스트 지형을 모델링하는 경우, 주변 셀들보다 낮은 셀의 위치들이 나타날 수 있다. 이 때 셀 안으로 흐르던 유수는 밖으로 빠져나가지 않는다. 이렇게 유수가 갇힌 상태를 싱크(Sink)라고 한다. 수문 분석 도구를 사용하면 싱크를 식별한 다음 “채우기(fill)”를 할 수 있다. 분석의 결과로 수문학적 조건의 표고 모델(a hydrologically conditioned elevation model)을 생성 할 수 있다. 다음의 순서도는 디지털 표고 모델(DEM)에서 수문학적 조건의 표고 모델을 생성하는 과정을 보여준다.

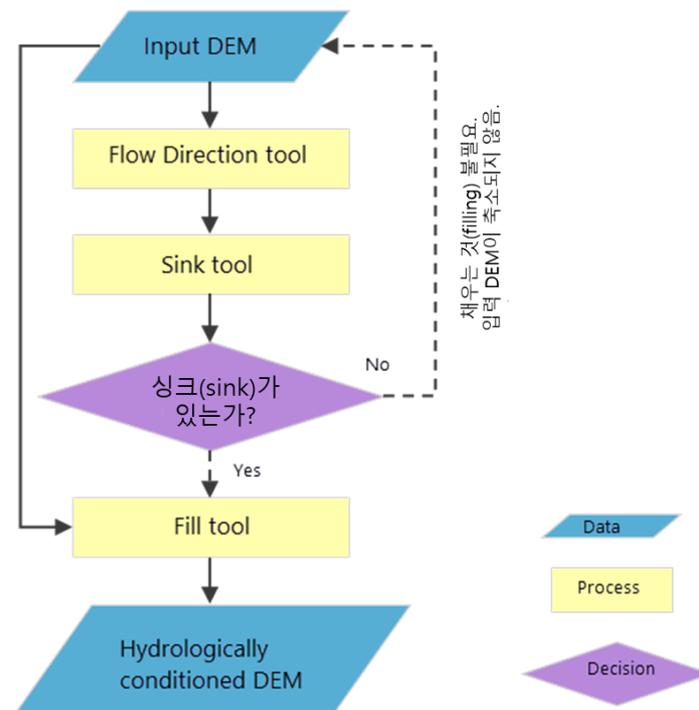


그림 1. 수문학적 조건의 표고 모델 생성 (Hydrologic conditioning) 워크플로우

2) 분수계 묘사(Watershed delineation)

분수계를 묘사하기 위해서는 **유출 포인트**(대상 유역 위치; **pour point**)를 식별해야 한다. 일반적으로 이 위치는 유역의 시작점 또는 계량소와 같은 주요 관심 지점이다. 수문 분석 도구를 사용하여 유출 포인트를 지정할 수 있다. 또한 **스트림 네트워크**(stream network)를 유출 포인트로 사용할 수 있으며, 이는 스트림(stream) 교차점 사이의 각 스트림 세그먼트에 대한 **유역**(watershed)을 생성한다. 다음 흐름도는 수문학적 조건의 디지털 표고 모델(DEM)에서 유역 경계를 추출하는 과정이다.

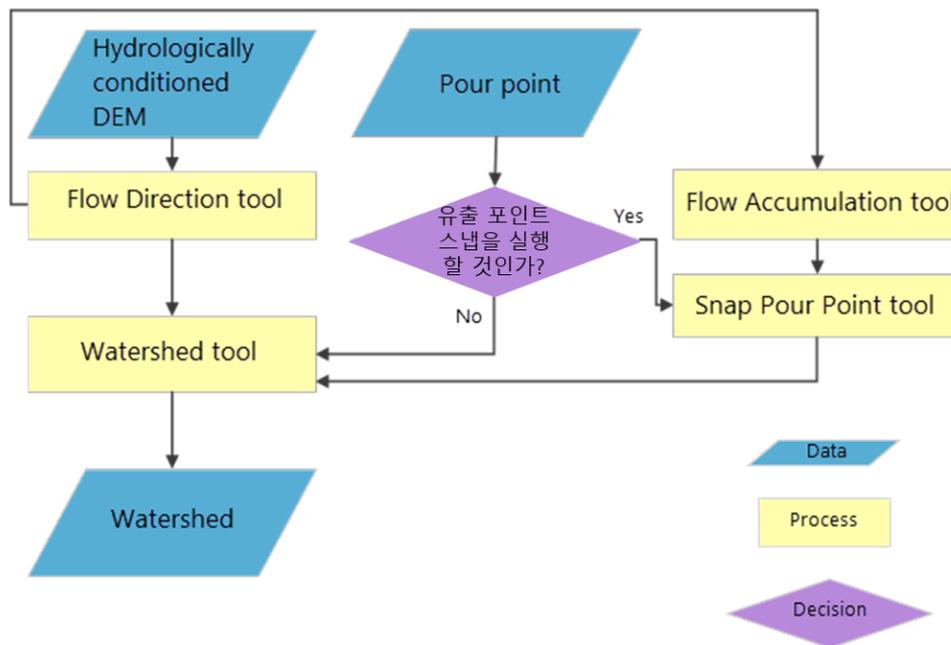


그림 2. 유역 묘사(Watershed delineation) 워크 플로우

3) 스트림 네트워크(Stream Network)와 특징 묘사(Characteristics)

스트림 네트워크를 생성하려면 먼저 각 셀 위치에 대한 흐름 방향과 흐름 누적을 계산해야 한다. 또한, 물이 셀에서 다른 셀로 흐르는 방향뿐만 아니라 셀을 통해 흐르는 물의 양, 또는 얼마나 많은 셀이 다른 셀로 흘러 들어가는지도 알아야 한다. 충분한 물이 셀을 통해 흐를 때, 그 위치에는 그 셀을 통과하는 스트림(시내;stream)이 있는 것으로 간주된다. 흐름 방향과 스트림 네트워크를

생성한 후에는 다른 수문 분석 도구를 사용하여 흐름 길이, 스트림 링크, 스트림 순서 및 스트림 피처를 지정할 수 있다.

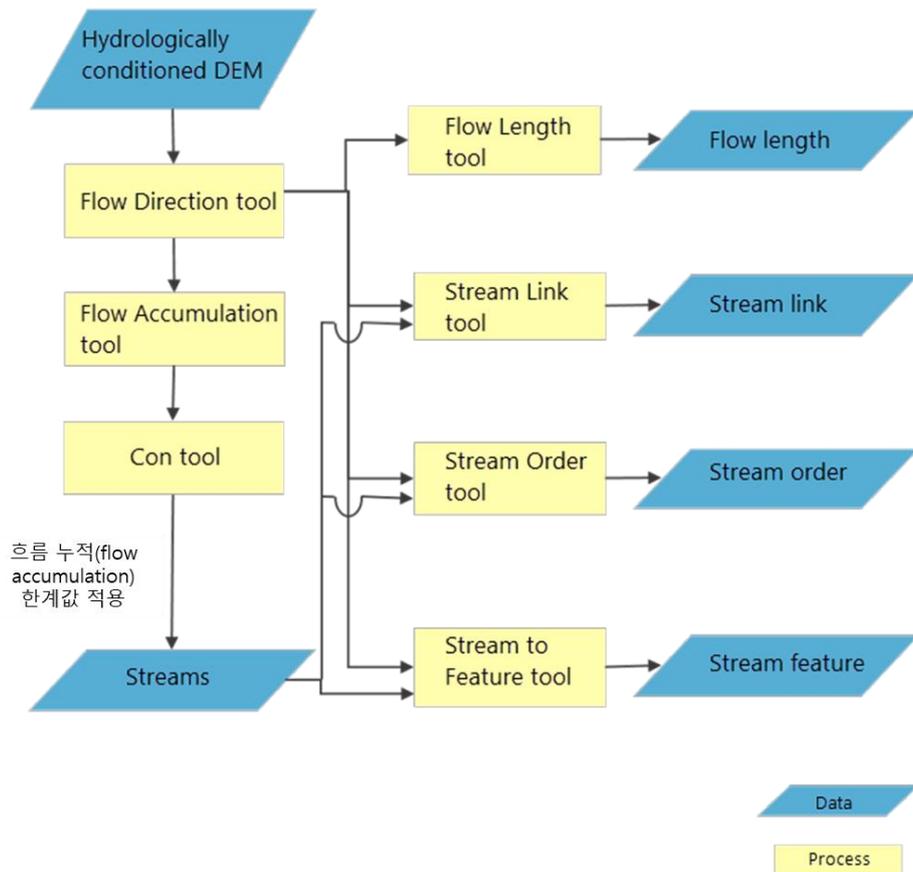


그림 3. 스트림 네트워크(Stream Network)와 특징 묘사(Characteristics) 워크 플로우

## 2. 수문분석(Hydrology) 도구

도구 이름	기능	매개변수	출력값
<a href="#">유역(Basin)</a>	모든 배수 유역을 묘사하는 래스터 생성	<ul style="list-style-type: none"> <li>in_flow_direction_raster: 각 셀의 흐름 방향을 보여주는 입력 래스터. 기본 D8 흐름 방향 유형을 사용하여 흐름 방향 래스터 생성. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>out_raster: 배수 유역을 묘사하는 결과 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터</li> </ul>
<a href="#">채우기(Fill)</a> 	지표면 래스터의 싱크를 채워 데이터의 경미한 결함을 제거.	<ul style="list-style-type: none"> <li>in_surface_raster: 연속적인 지표면을 나타내는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어.</li> <li>z_limit(선택): 채워질 싱크와 유출 포인트 최대 고도의 차이. <b>데이터 유형:</b> Double.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>out_surface_raster: 싱크가 채워진 지표면 결과 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터</li> </ul>
<a href="#">흐름 누적(Flow Accumulation)</a>	각 셀에 누적된 흐름의 래스터 생성. 중량 계수는 선택적으로 적용 가능.	<ul style="list-style-type: none"> <li>in_flow_direction_raster: 각 셀로부터 흘러 나오는 유수의 방향을 보여주는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어.</li> <li>in_weight_raster(선택): 각 셀의 중량을</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>out_accumulation_raster: 각 셀의 누적된 흐름을 보여주는 결과 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터.</li> </ul>

		<p>설정하는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• data_type(선택): 결과 누적 래스터의 데이터 유형을 정수, 부동 소수점, 또는 double 중 선택. <b>데이터 유형:</b> 문자열.</li> <li>• flow_direction_type(선택): 입력 흐름 방향 래스터 유형을 D8, Multi Flow Direction (MFD), D-Infinity (DINF) 중 선택. <b>데이터 유형:</b> 문자열.</li> </ul>										
<p><a href="#">흐름 방향(Flow Direction)</a></p> <table border="1" data-bbox="209 1335 352 1473"> <tr> <td>32</td> <td>64</td> <td>128</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> </table>	32	64	128	16		1	8	4	2	<p>D8, Multiple Flow Direction (MFD) 또는 D-Infinity (DINF)를 사용해 각 셀이 인접 경사를 따라 흐르는 방향을 나타낸 래스터 생성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in_surface_raster: 연속적 지표면을 나타내는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어.</li> <li>• force_flow(선택): 가장자리 셀들이 항상 바깥 방향으로 흐르게 할지, 표준 흐름 규칙을 따르게 할 지 결정. <b>데이터 유형:</b> 불린.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• out_flow_direction_raster: D8, Multiple Flow Direction (MFD) 또는 D-Infinity (DINF)를 사용해 각 셀이 인접 경사를 따라 흐르는 방향을 나타내는 결과 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터</li> </ul>
32	64	128										
16		1										
8	4	2										

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• out_drop_raster(선택): 결과 유출(drop) 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 데이터셋</li> <li>• flow_direction_type(선택): 흐름 방향 계산 시 사용할 흐름 메서드의 유형 선택. <b>데이터 유형:</b> 문자열</li> </ul>	
<p><a href="#">흐름 거리(Flow Distance)</a></p> 	<p>각 셀의 흐름 경로를 따라, 시내(스트림)의 셀로부터 내리막까지의 수직/수평 거리를 계산. 흐름 경로가 여러개일 경우 최소, 가중 평균 또는 최대 흐름 거리 계산 가능.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in_stream_raster: 선형 스트림 네트워크를 나타내는 입력 스트림 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어.</li> <li>• in_surface_raster: 연속적 지표면을 나타내는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어.</li> <li>• in_flow_direction_raster(선택): 각 셀로부터 흘러나오는 유수 방향을 나타내는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어.</li> <li>• distance_type(선택): 흐름 거리 계산법을 수직 또는 수평 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• out_raster: 흐름 거리 래스터 도구 실행 후 생성된 결과 데이터. <b>데이터 유형:</b> 래스터</li> </ul>

		<p>선택. <b>데이터 유형:</b> 문자열.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>flow_direction_type(선택): D8(기본 설정), Multiple Flow Direction (MFD) 또는 D-Infinity (DINF) 중 입력 흐름 거리 래스터 유형을 선택. <b>데이터 유형:</b> 문자열.</li> <li>statistics_type(선택): 여러 흐름 경로에서 흐름 거리를 계산하는데 사용되는 통계 유형 결정. 단일 경로의 경우, 모든 통계 유형은 동일한 결과 생성. <b>데이터 유형:</b> 문자열.</li> </ul>	
<a href="#">흐름 길이(Flow Length)</a>	각 셀의 흐름 경로를 따라 상/하류 거리 또는 가중 거리 계산	<ul style="list-style-type: none"> <li>in_flow_direction_raster: 각 셀로부터 흘러 나오는 유수 방향을 나타내는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어.</li> <li>direction_measurement(선택): 흐름 경로에 따른 측정 방향. <b>데이터 유형:</b> 문자열.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>out_raster: 각 셀의 흐름 경로를 따라 상/하류 거리 또는 가중 거리 계산을 하여 얻어진 결과 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>in_weight_raster(선택):</b> 각 셀의 중량을 설정하는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어.</li> </ul>	
<a href="#">싱크(Sink)</a>	싱크 또는 내부 배수 지역을 식별하는 래스터 생성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>in_flow_direction_raster:</b> 각 셀로 부터 흘러 나오는 유수 방향을 나타내는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>out_raster:</b> 입력 지표면 위의 모든 싱크(내부 배수 지역)를 나타내는 결과 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터.</li> </ul>
<a href="#">유출 포인트 스냅(Snap Pour Point)</a>	특정 거리 내에서 최대 흐름 누적량을 갖고 있는 셀로 유출 포인트를 스냅	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>in_pour_point_data:</b> 스냅 할 입력 유출 포인트의 위치. <b>데이터 유형:</b> 래스터/피쳐 레이어.</li> <li>• <b>in_accumulation_raster:</b> 입력 흐름 누적 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어</li> <li>• <b>snap_distance:</b> 더 높은 흐름 누적량이 있는 셀의 식별을 위한 최대 거리. <b>데이터 유형:</b> Double.</li> <li>• <b>pour_point_field:</b> 유출 포인트 위치에 값을</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>out_raster:</b> 원본 유출 포인트가 더 높은 누적 흐름의 위치로 스냅된 결과 유출 포인트 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터.</li> </ul>

		<p>할당하기 위해 사용되는 필드.</p> <p><b>데이터 유형:</b> 필드.</p>	
<p><a href="#">스트림 링크(Stream Link)</a></p> 	<p>교차하는 래스터 선형 네트워크 섹션에 각각의 고유값 할당.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in_stream_raster: 선형 스트림 네트워크를 나타내는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어</li> <li>• in_flow_direction_raster: 각 셀의 바깥으로 흐르는 유수 방향을 나타내는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• out_raster: 결과 스트림 링크 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터.</li> </ul>
<p><a href="#">스트림 순서(Stream Order)</a></p>	<p>선형 네트워크의 분기점을 나타내는 래스터에 순서를 할당</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in_stream_raster: 선형 스트림 네트워크를 나타내는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어</li> <li>• in_flow_direction_raster: 각 셀의 바깥으로 흐르는 유수 방향을 나타내는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어</li> <li>• order_method(선택): 스트림 순서를</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• out_raster: 결과 스트림 순서 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터.</li> </ul>

		할당하는데 사용되는 메서드(STRAHLER/S HREVE). <b>데이터 유형:</b> 문자열.	
<a href="#">스트림을 피쳐로(Stream to Feature)</a>	선형 네트워크를 나타내는 래스터를 선형 네트워크를 나타내는 피쳐로 변환	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in_stream_raster: 선형 스트림 네트워크를 나타내는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어</li> <li>• in_flow_direction_raster: 각 셀의 바깥으로 흐르는 유수 방향을 나타내는 입력 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터 레이어</li> <li>• out_polyline_features: 스트림을 포함할 결과 피쳐 클래스. <b>데이터 유형:</b> 피쳐 클래스</li> <li>• simplify(선택): 간략화(weeding)의 사용여부 선택. <b>데이터 유형:</b> 불린</li> </ul>	-
<a href="#">유역(Watershed)</a>	래스터의 셀 집합 위에 위치한 분석 지역 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in_flow_direction_raster: 각 셀의 바깥으로 흐르는 유수 방향을 나타내는 입력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• out_raster: 분석 지역이 나타난 결과 래스터. <b>데이터 유형:</b> 래스터.</li> </ul>

 <p>The diagram illustrates a three-step process: 1. A flow direction raster (a grid of arrows pointing in various directions). 2. A point representing an input pour point. 3. A polygon representing the resulting pour point area.</p>		<p><b>래스터. 데이터 유형:</b> 래스터 레이어</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>in_pour_point_data:</b> 스냅 할 입력 유출 포인트의 위치. <b>데이터 유형:</b> 래스터/피쳐 레이어.</li> <li>• <b>pour_point_field:</b> 유출 포인트 위치에 값을 할당하기 위해 사용되는 필드. <b>데이터 유형:</b> 필드.</li> </ul>	
--	--	--	--

## Arc Hydro 소개

Arc Hydro 는 수자원 데이터 활용을 지원하기 위한 ArcGIS 기반 시스템으로, 크게 Arc Hydro 데이터 모델(Arc Hydro Data Model)과 Arc Hydro 도구(Arc Hydro Tools Pro)로 구성된다. Arc Hydro 는 수문 분석을 위한 기본 데이터베이스의 설계를 돕고, 보다 더 전문적인 활용 도구를 제공 한다.

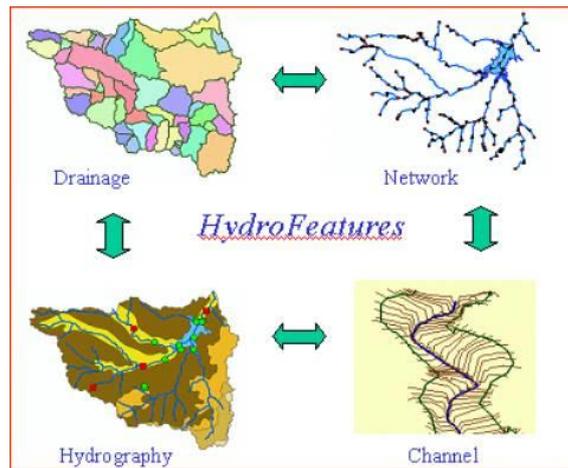


그림 4. Hydro 피처 종류

### 1. Arc Hydro 피처 클래스 유형

피처 데이터셋을 구성하는 피처 클래스에는 5 가지 유형이 있다.

피처 클래스	필드명
1) MonitoringPoint	- HydroID - HydroCode - FType - Name - JunctionID
2) WaterBody	- HydroID - HydroCode - FType - Name - AreaSqKm - JunctionID
3) Watershed	- HydroID - HydroCode - DrainID - AreaSqKm

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- JunctionID</li> <li>- NextDownID</li> </ul>
4) HydroEdge (ComplexEdgeFeature)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HydroID</li> <li>- HydroCode</li> <li>- ReachCode</li> <li>- Name</li> <li>- LengthKm</li> <li>- LengthDown</li> <li>- FlowDir</li> <li>- FType</li> <li>- Edge Type (Flowline, Shoreline)</li> <li>- Enabled</li> </ul>
5) HydroJunction (SimpleJunctionFeature)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HydroID</li> <li>- HydroCode</li> <li>- NextDownID</li> <li>- LengthDown</li> <li>- DrainArea</li> <li>- FType</li> <li>- Enabled</li> <li>- AncillaryRole</li> </ul>

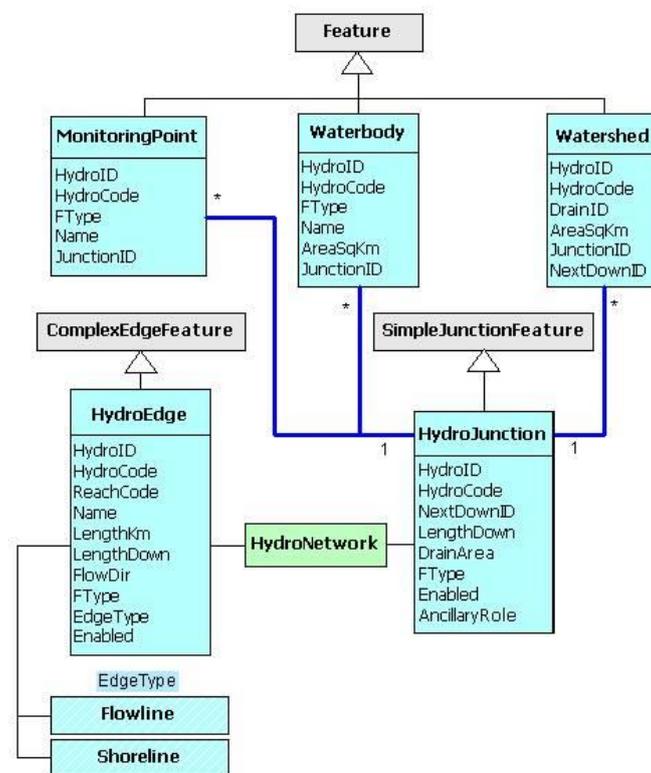


그림 5. Arc Hydro 피쳐 데이터셋의 5 가지 피쳐 클래스

## 2. Arc Hydro 도구

ArcGIS 환경에서 수문분석에 활용할 수 있는 Arc Hydro 도구의 종류는 다양하다. 그 중 일부는 공간 분석 확장자(Spatial Analyst Extension)가 필요하다. 이 기술문서는 주로 Terrain Processing 에 대한 설명을 포함한다.

도구상자 이름	설명	구성요소
Attribute Tools	식별자와 특징 같은 속성 설정	- ID Management 등
Point Characterization	-	- Generate Flow Path
Terrain Morphology	비수상돌기(non-dendritic) 지형 분석 수행(예: 호수 같은 침몰 지형)	- Drainage Boundary Processing
Terrain Preprocessing	Digital Elevation Model(DEM)을 처리하는 기능. 주로 추후 이용할 공간 정보를 준비하기 위해 사용.	- DEM Manipulation - Flow Accumulation - Flow Direction - Sink Watershed to Hydrojunction - Stream Definition 등
Terrain Preprocessing Workflows	기본 지형 전처리 워크플로우 모델 수행	- Combined - Community Maps - Dendritic - Deranged
Utility	Arc Hydro 지오프로세싱 환경에서의 다양한 유틸리티	- Determine PU Workspaces
Watershed Processing	분수령과 소유역의 묘사 및 유역의 특징 설정	- Line Processing - Main Flow Path - Watershed Delineation 등

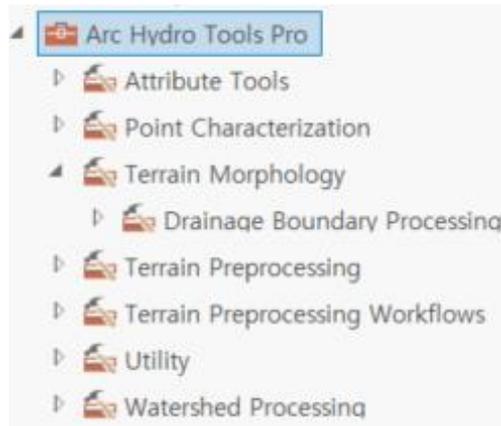


그림 6. Arc Hydro 도구상자

### 1) Terrain Preprocessing

Terrain Preprocessing 은 DEM(digital elevation model)을 사용해 지표 위 배수 시설의 모양을 식별한다. 전처리가 끝나면 DEM 과 DEM 파생물은 효과적인 분수령 묘사와 유역(stream) 네트워크 생성을 위해 사용된다. 초기 DEM 의 질과 종류에 따라 처리과정이 결정된다. 이 과정은 반드시 Watershed Processing 기능 전에 수행되어야 한다.

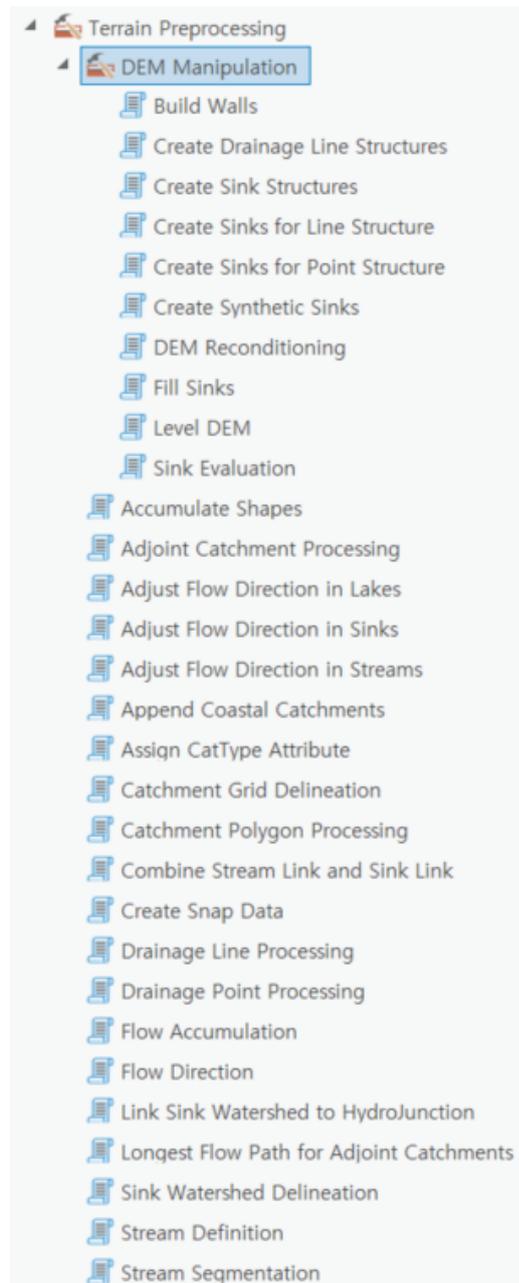


그림 7. Terrain Processing 도구 상자 UI

### 1-1) DEM Manipulation

DEM Manipulation 에는 원본 DEM 편집 기능이 있다.

- **Build Walls**

- 기존 DEM 경계에서 파생된 지표면 배수 패턴을 수정하는 데 사용되는 공통 유수 시행 기술(burning)을 적용한다.

매개변수	설명	데이터 종류
Input Raw DEM Raster	입력 원본 수치 표고 자료(DEM)	래스터 레이어
Inner Wall Height (DEM Z-Unit)	입력 벽 높이(DEM Z 유닛). 내부 벽에 위치한 입력 DEM 에 추가되는 높이값. 외부 벽은 이 높이값의 두배.	-
Inner Wall Buffer (셀의 개수)	내부 벽을 설치하는데 사용되는 셀 (버퍼)의 개수. 기본값은 0(버퍼 없음). 여러 벽들을 하나의 셀로 통합.	-
Breach Line Buffer(셀의 개수)	물의 배출을 허락하는 선을 설정할 때 사용되는 셀(버퍼)의 개수. 기본값은 0(버퍼 없음). 여러 선들을 하나의 셀로 통합.	-
Output Walled DEM Raster	내부에 설치된 벽의 결과 DEM	래스터 클래스
Input External Wall Polygon Feature Class(선택)	외부 벽이 생성될 위치를 결정하는 폴리곤 피쳐 클래스	피쳐 클래스
Input Internal wall Feature Class(선택)	입력 DEM 에 내부 벽이 생성될 위치를 결정하는 폴리곤, 포인트, 라인 피쳐 클래스	피쳐 클래스
Input Breach Line Raster(선택)	입력 Breach Line 래스터	래스터 레이어

- **DEM Reconditioning**

- 라인 피쳐를 존재하는 유역 DEM 에 추가한다(burning/fencing).

매개변수	설명	데이터 종류
Input Raw DEM Raster	기존 DEM 경계에서 파생된 지표면 배수 패턴을 수정하는 데 사용될 입력 DEM	래스터 레이어
Input Stream Raster	입력 강 래스터	래스터 레이어
셀의 개수 for Stream Buffer	고도가 편집될 강 주변의 버퍼화 된 지역의 크기를 나타내는 셀의 개수	-

Smooth Drop in Z Units(선택)	버퍼화 된 지역의 경계를 부드럽게 (smooth)하는 정도	-
Sharp Drop in Z Units(선택)	유역을 날렵하게 만드는 정도 (sharp drop)	-
Output AGREE DEM Raster	기존 DEM 경계에서 파생된 지표면 배수 패턴을 수정한 강이 있는 결과 DEM	래스터

- **Fill Sinks**

- 그리드(grid)에 침몰 지형을 채운다. 셀이 상대적으로 더 높은 고도에 있는 셀들로 둘러싸여 있다면, 물이 셀 안에 갇혀있고 흐르지 못한다. 이 틀은 이러한 문제를 해결하기 위해 고도값을 편집해준다.

매개변수	설명	데이터 종류
Input DEM Raster	입력 DEM	래스터 레이어
Output Hydro DEM Raster	결과 Hydro DEM	래스터
Fill Threshold(선택)	경계값	-
Input Deranged Polygon Feature Class	입력 범람형 폴리곤(deranged polygon) 피처 레이어	피처 레이어

- **Level DEM**

- 각각의 호수 폴리곤으로 둘러 쌓인 셀을 호수 폴리곤에 할당된 FillElev 값까지 채움으로써 원본 DEM 을 수평화한다.

매개변수	설명	데이터 종류
Input Raw DEM Raster	입력 원본 DEM	래스터 레이어
Input Lake Feature Class	입력 호수 폴리곤	피처 레이어
Output Level DEM Raster	결과 Level DEM	래스터
Input Fill Elevation Field(선택)	입력 고도값 필드. 알맞은 호수 폴리곤 안의 DEM 에 변경할 배수로의 고도를 저장.	-

Fill Elevation Offset in Linear Unit(선택)	DEM 을 수평화하는 데 사용되는 Level Elevation 을 계산하기 위해 Fill Elevation 에서 뺀 오프셋. 입력 호수 폴리곤 내의 고도가 주변 영역의 고도보다 낮으면서 호수가 싱크 폴리곤(Sink Polygon)의 역할을 하도록 한다.	-
--	---	---

1-2) Terrain Processing 을 활용 가능한 분석 사례

분석 사례	설명	분석 순서
1	싱크(sink) 위치를 알 수 없으며 싱크가 비어있는 완전 범람 지형	1. Sink Evaluation. 2. Selection of sinks process 3. Create Sink Structures. 4. Fill Sinks. 5. Flow Direction. 6. Adjust Flow Direction in Sinks. 7. Sink Watershed Delineation. 8. Append Coastal Catchments. 9. Assign CatType Attribute to Catchment FC(선택).
2	싱크 위치를 알 수 없으며 싱크가 부분적으로 채워진 완전 범람 지형(모든 싱크를 유지하지 않을 경우 채우는 것이 필요)	1. Sink Evaluation. 2. Selection of sinks process 3. Create Sink Structures. 4. Fill Sinks. 5. Flow Direction. 6. Adjust Flow Direction in Sinks. 7. Sink Watershed Delineation. 8. Append Coastal Catchments. 9. Assign CatType Attribute to Catchment FC(선택).
3	싱크 위치를 알 수 있으며 싱크가 부분적으로 채워진 완전 범람 지형(모든 싱크를 유지하지 않을 경우 채우는 것이 필요)	1. Create Sink Structures. 2. Level DEM. 3. Fill Sinks. 4. Flow Direction.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>5. Adjust Flow Direction in Sinks.</li> <li>6. Sink Watershed Delineation.</li> <li>7. Append Coastal Catchments.</li> <li>8. Assign CatType Attribute to Catchment FC(선택).</li> </ul>
4	최초 싱크 위치와 유역의 시작점을 알 수 없는 수상돌기형(dendritic)과 범람형(deranged)이 합쳐진 지형	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Sink Evaluation.</li> <li>2. Selection of sinks process.</li> <li>3. Create Sink Structures.</li> <li>4. Fill Sinks.</li> <li>5. Flow Direction.</li> <li>6. Adjust Flow Direction in Sinks.</li> <li>7. Adjust Flow Direction in Lakes. This is an(선택) step if there are lakes that are being drained by the streams (these are NOT sink lakes).</li> <li>8. Sink Watershed Delineation.</li> <li>9. Flow Accumulation.</li> <li>10. Stream Definition.</li> <li>11. Stream Segmentation.</li> <li>12. Combine Stream Link and Sink Link.</li> <li>13. Drainage Line Processing.</li> <li>14. Catchment Grid Delineation.</li> <li>15. Catchment Polygon Processing.</li> <li>16. Adjoint Catchment Processing.</li> <li>17. Append Coastal Catchments.</li> <li>18. Assign CatType Attribute to Catchment FC(선택).</li> </ul>
5	교차점을 통해 최초 싱크 위치와 유역의 시작점을 알 수 있는 수상돌기형(dendritic)과 범람형(deranged)이 합쳐진 지형	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Create Drainage Line Structures.</li> <li>2. DEM Reconditioning.</li> <li>3. Create Sink Structures.</li> <li>4. Level DEM.</li> <li>5. Fill Sinks.</li> <li>6. Flow Direction.</li> </ul>

		<p>7. Adjust Flow Direction in Sinks.  8. Adjust Flow Direction in Streams.  9. Adjust Flow Direction in Lakes(선택).  10. Sink Watershed Delineation.  11. Flow Accumulation.  12. Stream Definition.  13. Stream Segmentation.  14. Combine Stream Link and Sink Link  15. Drainage Line Processing (use combined Stream/Sink Link Grid as input).  16. Catchment Grid Delineation.  17. Catchment Polygon Processing.  18. Adjoint Catchment Processing.  19. Append Coastal Catchments.  20. Assign CatType Attribute to Catchment FC(선택).</p>
6	<p>사용자가 정의한 유역을 통해 최초 싱크 위치와 유역의 시작점을 알 수 있는 수상돌기형(dendritic)과 범람형(deranged)이 합쳐진 지형</p>	<p>1. Create Drainage Line Structures.  2. DEM Reconditioning.  3. Create Sink Structures.  4. Level DEM.  5. Fill Sinks.  6. Flow Direction.  7. Adjust Flow Direction in Sinks.  8. Adjust Flow Direction in Streams.  9. Adjust Flow Direction in Lakes(선택).  10. Sink Watershed Delineation.  11. Combine Stream Link and Sink Link (make sure you specify(선택) Drainage Line</p>

		feature class as input). 12. Catchment Grid Delineation. 13. Catchment Polygon Processing. 14. Adjoint Catchment Processing. 15. Append Coastal Catchments. 16. Assign CatType Attribute to Catchment FC(선택).
7	유역 위치를 알 수 없는 완전 수상돌기형 지형	1. Fill Sinks. 2. Flow Direction. 3. Flow Accumulation. 4. Stream Definition. 5. Stream Segmentation. 6. Drainage Line Processing. 7. Catchment Grid Delineation. 8. Catchment Polygon Processing. 9. Adjoint Catchment Processing. 10. Append Coastal Catchments. 11. Assign CatType Attribute to Catchment FC(선택).
8	유역 교차점을 사용해 유역 위치를 알 수 있는 완전 수상돌기형 지형	1. Fill Sinks. 2. DEM Reconditioning. 3. Fill Sinks (to get rid of the sinks potentially introduced by the DEM Reconditioning). 4. Flow Direction. 5. Flow Accumulation. 6. Stream Definition. 7. Stream Segmentation. 8. Drainage Line Processing. 9. Catchment Grid Delineation. 10. Catchment Polygon Processing. 11. Adjoint Catchment Processing. 12. Append Coastal Catchments.

		13. Assign CatType Attribute to Catchment FC(선택).
9	사용자가 정의한 유역을 통해 유역 위치를 알 수 있는 완전 수상돌기형 지형	1. Create Drainage Line Structures. 2. Fill Sinks. 3. DEM Reconditioning. 4. Fill Sinks. 5. Flow Direction. 6. Adjust Flow Direction in Streams. 7. Catchment Grid Delineation. 8. Catchment Polygon Processing. 9. Adjoint Catchment Processing. 10. Append Coastal Catchments. 11. Assign CatType Attribute to Catchment FC(선택).

1-3) Terrain Processing 을 활용 가능한 분석 사례와 기능 매칭

기능\ 분석 사례	범람형(Deranged) 지형			통합 지형			수상돌기형 (Dendritic) 지형		
	사례 1	사례 2	사례 3	사례 4	사례 5	사례 6	사례 7	사례 8	사례 9
Sink Evaluation	O	O		O					
Create Sink Structures	O	O	O	O	O	O			
Flow Direction	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Adjust Flow Direction in Sinks	O	O	O	O	O	O			
Sink Watershed Delineation	O	O	O	O	O	O			
Append Coastal Catchments	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Assign	O	O	O	O	O	O	O	O	O

CatType Attribute									
Fill Sinks		O	O	O	O	O	O	O	O
Level DEM			O		O	O			
Flow Accumulation				O	O		O	O	
Stream Definition				O	O		O	O	
Stream Segmentation				O	O		O	O	
Combine Stream Link and Sink Link				O	O	O			
Drainage Line Processing				O	O		O	O	
Adjust Flow Direction in Lakes				O	O	O			
Catchment Grid Delineation				O	O	O	O	O	O
Catchment Polygon Processing				O	O	O	O	O	O
Adjoint Catchment Processing				O	O	O	O	O	O
Create Drainage Line Structures					O	O			O
DEM Reconditioning					O	O		O	O
Adjust Flow Direction in Streams					O	O			O