

# 2008년 하천 유사량 특성 분석

## The Characteristic Analysis of Sediment Discharge in 2008

고주연<sup>\*1)</sup>, 강규상<sup>\*\*</sup>, 권규상<sup>\*\*</sup>, 공기철<sup>\*\*</sup>, 김경희<sup>\*\*</sup>, 설명수<sup>\*\*</sup>, 이정훈<sup>\*\*</sup>,  
이연길<sup>\*\*</sup>, 이진원<sup>\*\*\*</sup>, 정성원<sup>\*\*\*\*</sup>

Ju Yeon Go, Kyu Sang Kang, Kyu Sang Kwon, Gi Cheol Kong, Kyung Hee Kim,  
Myeong Su Seol, Jung Hoon Lee, Yeon Kil Lee, Jin Won Lee, Sung Won Jung

### 요 지

본 연구에서는 여주 외 5개 지점에서 유사 이동이 활발한 시기인 홍수기 및 저·평수기(홍수전·후)에 부유사와 하상토를 측정하고 이를 통해 유사량 특성을 파악하였다. 시료분석은 그 목적에 따라 여과법, BW관법, 체분석법으로 Odén Curve와 입도분포곡선 등을 작성하여 총유사량 추정시 이용하였다. 또한 총유사량을 추정하는 데 있어 에너지 개념을 이용한 Ackers & White(1973년), Engelund & Hansen(1967년), Yang(1973년, 1979년)의 방법과 확산-이송 개념의 Modified Einstein(1955년) 방법을 적용하였다. 연구결과, 유량-부유사농도, 부유사량, 총유사량 관계에 있어 동일 유량에 대한 변동성과 추정방법에 따른 총유사량의 상충을 볼 수 있었다. 이는 강우사상별 특성 및 하천의 수리 및 유사특성에 따른 원인과 추정방법에 대한 서로 다른 제한된 범위의 자료들을 적용한 데에서 오는 오류로 판단된다.

**핵심용어: 부유사량, 총유사량, 유량-유사량관계식**

### 1. 서론

유사량 자료는 유량과 더불어 효율적인 유역종합치수계획을 수립할 때 귀중하게 이용되는 기본자료 이지만 아직까지 이를 측정 및 분석할 수 있는 방법이 체계화되지 않은 상태에 있다. 따라서 본 연구에서는 2007년에 이어 유사량 자료의 중요성을 인식하고 조사에서 가공에 이르기까지 분석 방법을 체계화하여 하천유사량의 특성을 분석하고자 하였다. 본 연구에서는 수위관측소 지점에서 부유사와 하상토를 측정하여 일차적으로 유량-부유사량관계식을 개발하고, 부유사량 농도와 하상토 및 수리특성 자료 등의 자료로부터 총유사량을 추정하는 데 목적을 두었다.

### 2. 연구대상 지점

본 연구에서는 침식, 유송, 퇴적 작용을 거쳐 하천의 한 지점을 통과하는 하천 유사량과 유량과의 관계를 파악하고자 여주, 적성, 낙동, 왜관, 공주, 구례2 지점을 연구대상 지점(그림 1 및 표 1)으로 선정하였고, 이들 지점 모두는 홍수 예·경보 지점으로 유사량 측정에 있어 의의가 있는 지점이다. 하상재료의 특성을 보면 여주, 낙동, 왜관 지점의 경우는 모래가 주를 이루고 나

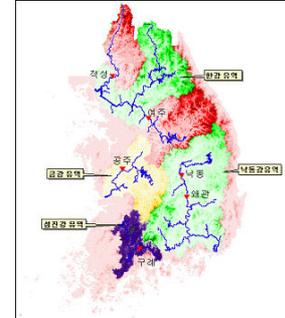
\* 정회원 · 유량조사사업단 유량조사실 유사량 그룹 연구원·E-mail : ballet8199@kict.re.kr  
\*\* 정회원 · 유량조사사업단 유량조사실 유사량 그룹 그룹장·E-mail : sugawon@kict.re.kr  
\*\*\* 정회원 · 유량조사사업단 유량조사실 실장·E-mail : jwlee@kict.re.kr  
\*\*\*\* 정회원 · 유량조사사업단 단장·E-mail : swjung@kict.re.kr

머지 지점의 경우는 각각 자갈과 호박돌(적성), 자갈과 모래(공주, 구례2)로 구성되어 있다. 후자의 경우에는 지점 특성에 맞는 하상토 채취 방법과 총유사량 추정 공식을 적용할시 지점 특성에 맞는 검토가 필요하다.

표 1. 유사량 측정지점

하천	지점	위치	비고	
한 강	여 주	경기도 여주군 여주읍	여주대교	충주댐
임진강	적 성	경기도 파주군 적성면	비룡대교	-
낙동강	낙 동	경북 상주시 낙동면 낙동리	낙 단 교	안동댐, 임하댐
낙동강	왜 관	경북 칠곡군 왜관을 왜관리	(구)왜관철교	
금 강	공 주	충남 공주시 금성동	금강대교	대청댐
섬진강	구례2	전남 구례군 구례읍 신월리	구 례 교	섬진강댐, 주암댐

그림 1. 연구대상 지점



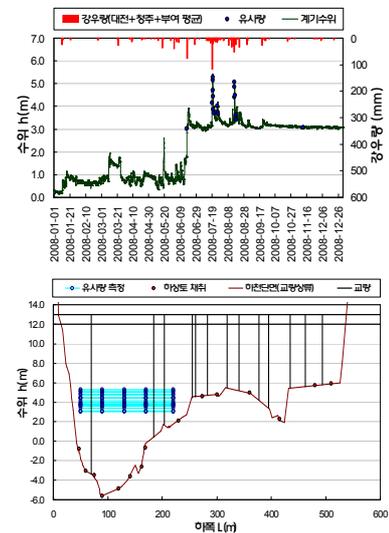
### 3. 유사량 측정

유사량을 측정하는 데 있어 관련된 방법과 수리량 측정현황에 대해서는 표 2와 같이 지점별로 나타내었다. 유속의 경우 부유사 채취 때마다 직접 측정을 한 것이 아니라 2008년 수위-유량 관계곡선식(유량조사사업단)을 이용하였다. 측정시기는 저·평수기(홍수 전·후)와 홍수기이고 주로 홍수기를 집중적으로 측정을 하였다. 하상토 채취의 경우, 지점들의 하상재료 특성에 따라 BM-54, Grab sampler(60L), 줄자(선격자)를 이용하여 홍수기 전·후에 실시(15개 측선)하였다.

표 2. 유사량 측정방법 및 수리량 측정현황

지점	측정 장비	노즐 직경 (in)	측선 수 (개)	측선 배치	측정방법	유속	채취 시간	수면 경사	수온 (°C)
여 주	D-74	3/16	5	등간격	왕복수심적분 표면법	미측정	측정	측정	측정
적 성	D-74	3/16	5(4)	등간격	왕복수심적분 표면법	미측정	측정	측정	측정
낙 동	D-74	3/16	5	등간격	왕복수심적분 표면법	미측정	측정	일부 측정	측정
왜 관	D-74	3/16	5(4)	등간격	왕복수심적분	일부 측정	측정	측정	측정
공 주	D-74	3/16	5	등간격	왕복수심적분	미측정	측정	간접 측정	측정
구 례2	D-74 P-61A	3/16	5	등간격	편도수심적분 왕복수심적분	미측정	측정	일부 측정	측정

그림 2. 측정성과 및 위치(공주)



### 4. 시료분석

본 연구에서는 채취 시료에 대해서 각 특성에 적합한 분석법을 적용하여 그림 3~그림 5와 같은 결과를 나타내었다. 그림 3은 부유사 시료를 여과법으로 직접 분석한 결과(기준자료와의 비교)이고, 그림 4는 부유사 시료를 BW관법을 이용하여 각 시간에 해당하는 분취시료에 대해

여과법으로 분석된 결과를 나타낸 것이다. 그림 5의 경우는 체분석법을 이용한 하상토 시료 분석결과이다. 그림 3에서 부유사농도 산정은 5개 측선에 대한 각각의 부유사농도를 산술평균 한 것으로 동일 유량에서의 큰 변동성과 기존성과와 비교시 전체적으로 산포도가 큰 것을 볼 수 있다. 이는 유사량 측정방법과 분석오차 및 강우사상, 댐방류량 등이 영향을 끼친 것으로 판단된다. 그림 4의 Odén Curve에서는 부유사의 입경분포와 부유사 등급 등을, 그림 5의 하상토 입도분포곡선에서는 하상토 재료의 입도분포와 이를 통해 얻어진 하상토 등급, 중앙입경 등을 구할 수 있다. 또한 이러한 분석결과를 이용하여 총유사량 추정을 할 수 있다.

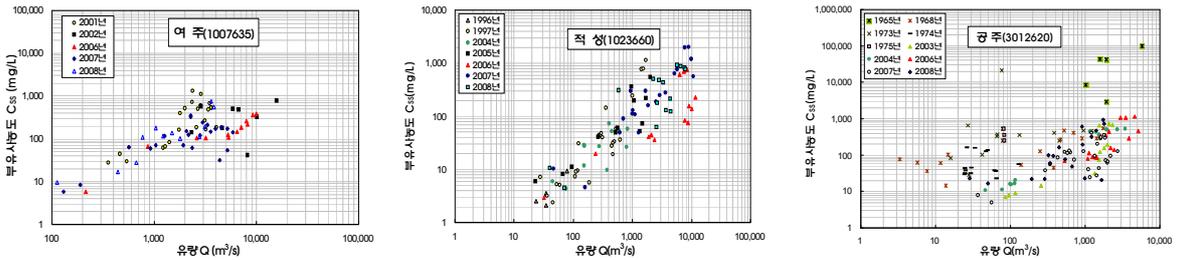


그림 3. 유량-부유사농도 관계(여주, 적성, 공주)

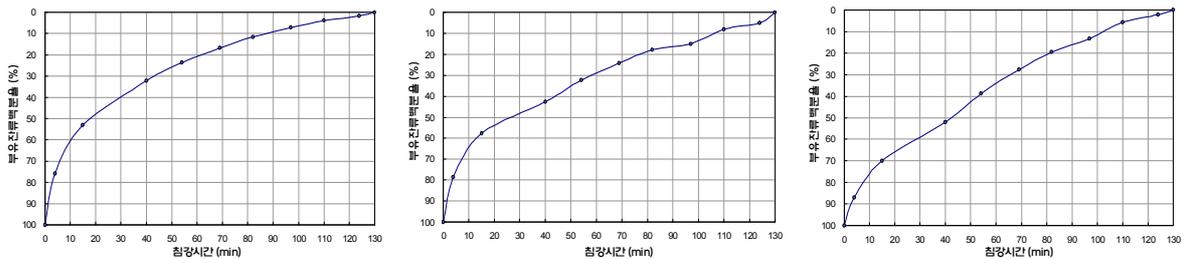


그림 4. Odén Curve(낙동, 왜관, 공주)

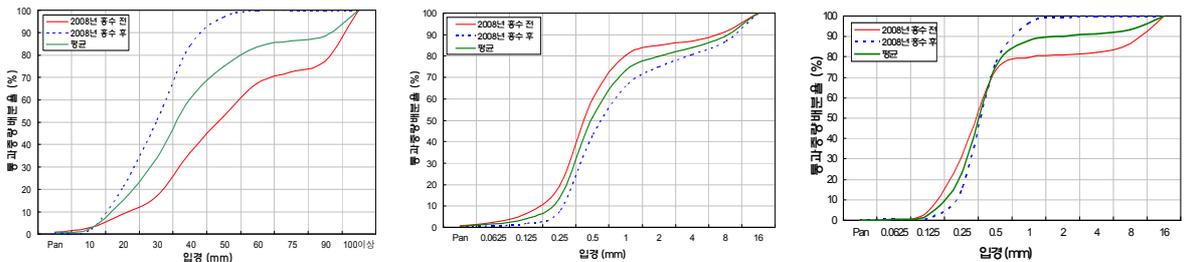


그림 5. 하상토 입도분포곡선(적성, 낙동, 왜관)

## 5. 유사량 산정 및 특성 분석

앞서 유량-부유사농도의 관계에서 동일 유량에 대한 변동성을 볼 수 있었다. 부유사량(부유사농도와 2008년 개발된 수위-유량관계곡선식의 유량을 이용하여 산정한 값) 또한 이와 같은 경향을 보여 그림 6과 같이 주요 강우사상별로 그 특성을 분석하였다. 그림 6에서와 같이 전체적으로 루프(Loop)현상을 보이며 강우사상의 초기에는 유사량이 많이 발생하는 것을 볼 수 있다. 이는 초기 강우에 의해 유사물의 이송이 활발하게 이루어지는 일반적인 특성이다. 그림 6의 세 번째 그래프는 수위 상승-하강에 따른 부유사량으로 추후 많은 유사량 자료가 확보된다면 수위

상승부와 하강부로 구분하여 유량-유사량관계식을 개발하는 것도 의의가 있을 것으로 판단된다.

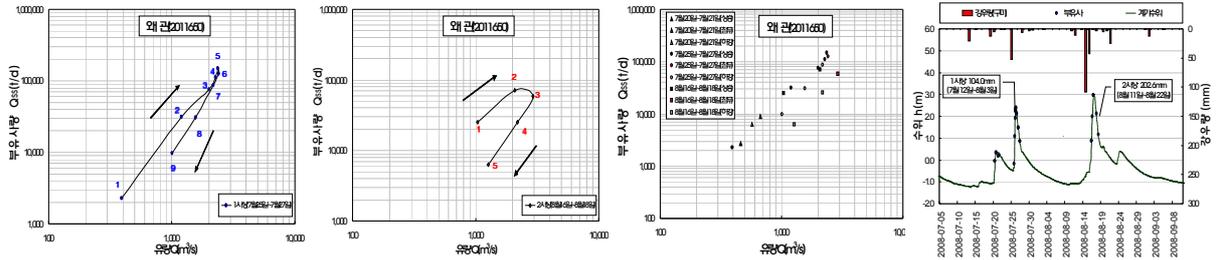


그림 6. 사상별 부유사량 특성 분석(왜관)

위와 같은 분석 자료를 가지고 총유사량을 추정하는 데 있어 에너지 개념을 이용한 Ackers & White(1973년), Engelund & Hansen(1967년), Yang(1973년, 1979년)의 방법과 확산-이송 개념의 Modified Einstein(1955년) 방법을 적용하였다. 본 연구에서 적용한 4가지의 총유사량 추정 방법들은 계산과정에서의 입력변수인 단위유량, 유속, 수심, 수면경사, 중앙입경 등을 적용하는데, 이러한 변수들은 각 추정방법으로부터 나온 결과의 경향성을 변화시킨다. 다시 말하면 하천 규모나 중앙입경의 크기, 하상재료 등의 원인에 따라 각각의 추정방법에 대한 적절한 적용범위가 있다. 이러한 적용범위가 적정하지 못하여 총유사량 값이 각 추정방법의 적정 범위를 벗어나면 과대 또는 과소 추정되는 것을 알 수 있다.

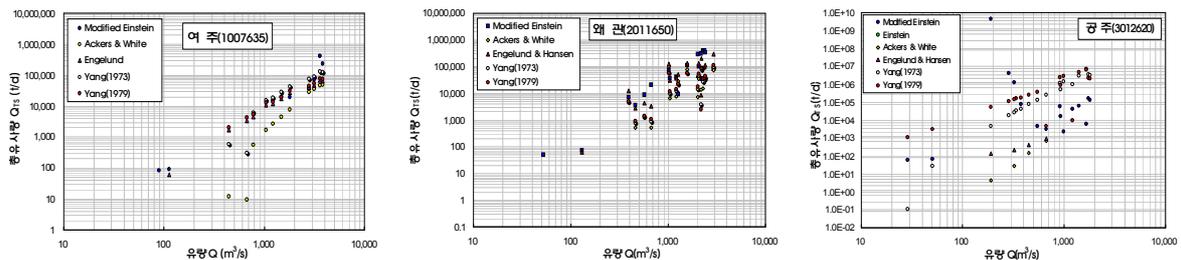


그림 7. 추정방법별 총유사량 비교(여주, 왜관, 공주)

## 6. 유량-유사량관계식 개발

본 연구에서는 하천단면의 측정선에 각각 측정된 부유사 농도와 수리량, 2008년에 개발된 수위-유량관계곡선식으로부터 산정한 유량자료로 부유사량을 산정하여 식 (1)으로 유량-유사량관계식을 개발하였다.

$$Q_{ss} = a Q^b \quad (1)$$

여기서  $Q_{ss}$ 는 부유사량(t/d),  $Q$ 는 유량( $m^3/s$ ),  $a$ 는 계수,  $b$ 는 부유사 입경과 흐름 특성에 따라 변하는 지수이다.

그림 8과 같이 개발된 유량-부유사량관계식은 분석결과들 간의 산포도가 크고 관계식의 신뢰도 분석을 실시하지 않았기 때문에 적용시에는 주의가 요구된다.

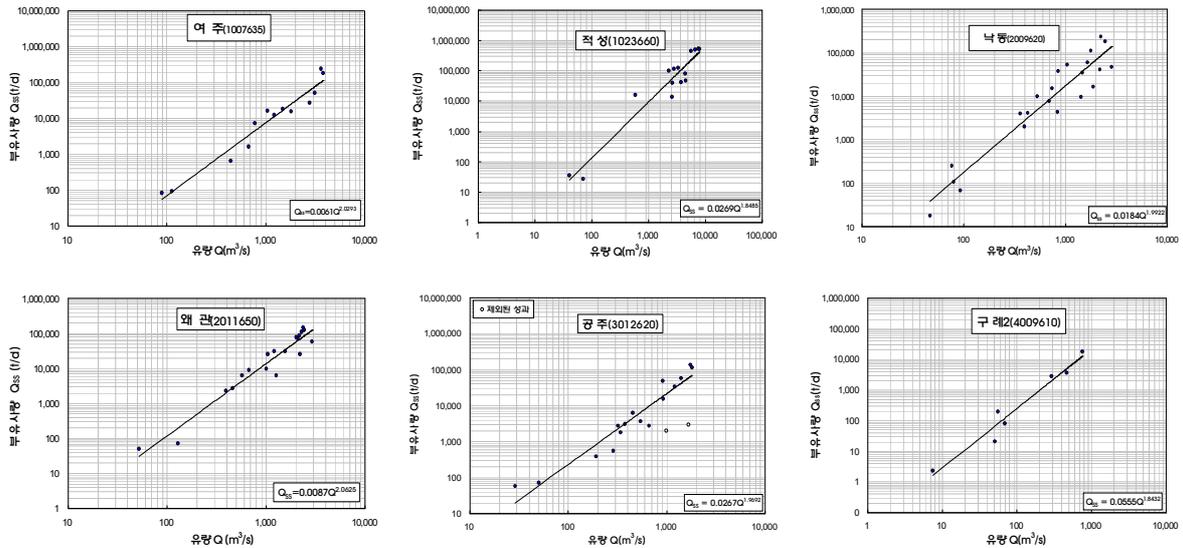


그림 8. 유량-부유사량관계식(여주, 적성, 낙동, 왜관, 공주, 구례2)

## 7. 결론

본 연구에서는 6개의 수위관측소 지점에서 부유사와 하상토를 측정하여 유량-부유사량관계식을 개발하고, 부유사량 농도와 하상토 및 수리특성 자료 등의 자료로부터 총유사량을 추정하였다. 이에 대한 결과는 다음과 같다.

1. 유량-부유사량 관계: 동일 유량에서의 큰 변동성과 기존성과와 비교시 전체적으로 산포도가 큰 것을 볼 수 있다. 이는 유사량 측정방법과 관련된 요인들과 강우사상, 댐방류량 등이 영향을 끼친 것으로 판단된다.
2. 유량-부유사량 특성: 전체적으로 루프(Loop)현상을 보이며 강우사상의 초기에는 유사량이 많이 발생하는데 이는 초기 강우에 의해 유사의 이송이 활발하게 이루어지는 일반적인 특성이다. 또한 추후 수위 상승-하강에 따른 부유사량 자료가 더욱더 확보된다면 수위 상승부와 하강부로 구분하여 유량-부유사량관계식을 개발하는 것도 의의가 있을 것으로 판단된다.
3. 유량-총유사량 관계: 추정된 총유사량 결과들의 상층은 하천의 수리, 유사특성과 추정방법의 적용한계 등의 서로 다른 제한된 범위의 자료들을 이용하여 분석하는 데에서 오는 차이 때문이고 기타 원인으로 추정방법을 잘못 적용하는 데에서 오는 오류 등으로 판단된다.
4. 유량-유사량관계식 개발: 연구대상 지점들의 개발된 유량-부유사량관계식은 분석결과들 간의 산포도가 크고 관계식의 신뢰도 분석을 실시하지 않았기 때문에 적용시에는 주의가 요구된다.

## 참고문헌

1. 한국건설기술연구원(1989), 하천유사량 산정방법의 선정기준 개발.
2. 한국건설기술연구원(1990), 수정아인쉬타인 방법의 한국 하천에서의 적용.
3. 한국건설기술연구원(1993), 평형하상경사 결정방법의 개발.
4. 우효섭, 류권규(1990), '하천유사량 공식들의 비교평가', 대한토목학회 논문집, 제10권, 제4호.

5. Einstein, H. A.(1950), The Bed-Load Function for Sediment Transportation on Open Channel Flow, US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Technical Bulletin No. 1026.
6. Toffaletti, F. B.(1969), 'Definitive computations of Sand Discharge in Rivers, 'J. of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 95, No. HYI.