

## 수질오염총량관리 단위유역의 유량변화 특성분석 - 금강수계를 대상으로 -

박준대 · 오승영<sup>†</sup> · 최옥연<sup>\*</sup>

국립환경과학원 물환경연구부 수질총량연구과

<sup>\*</sup>서울시립대학교 환경공학과

## Characterization on the Variation of Streamflow at the Unit Watershed for the Management of Total Maximum Daily Loads - in Guem River Basin -

Jun Dae Park · Seung Young Oh<sup>†</sup> · Ok Youn Choi<sup>\*</sup>

Water Pollution Load Management Research Division, Water Environmental Research Department,  
National Institute of Environmental Research

<sup>\*</sup>Department of Environmental Engineering, University of Seoul

(Received 31 May 2011, Revised 20 October 2011, Accepted 10 November 2011)

### Abstract

The variation of streamflow is regarded as one of the most influential factors on the fluctuation of water quality in the stream. The characteristics of the variation should be taken into account in the plans for the management of Total Maximum Daily Loads (TMDLs). This study analysed and characterized spatial distribution and temporal variation of streamflow at each unit watershed in Guem-river basin. For the analysis of the distribution of streamflow, the type and the extent of the distribution were investigated for the unit watershed. For the analysis of the variation, short and long term changes of streamflow were examined. The result showed that most of the distributions were not log-normalized and the extent of variation tends to be greater at the unit watershed placed on the tributaries in the basin. A kind of margin could be granted to the unit watershed involving high variations so as to establish the water quality goal and load allotment more reasonably and effectively in view of whole waterbody.

**keywords** : Spatial distribution, Streamflow, Temporal variation, Total Maximum Daily Loads (TMDLs), Unit watershed

### 1. 서론

수질오염총량관리 단위유역은 수계 내의 각 배수구역 경계와 광역시도 및 시·군 경계를 고려하여 설정한다(환경부, 2002a). 이것은 총량관리 계획수립 및 수질 관리의 기본단위가 되는 유역으로서, 본류 구간에 설정된 단위유역과 지류 구간에 설정된 단위유역으로 구성되어 있다. 수질오염총량관리 목표수질은 단위유역별로 설정되며, 이 목표수질을 달성할 수 있도록 각 단위유역의 기준유량 조건에서 오염부하량이 할당된다. 제1단계 수질오염총량관리 대상물질인 BOD<sub>5</sub>에 대한 기준유량은 과거 10년 평균 저수량을 사용하였다. 제2단계에서는 T-P가 대상물질에 추가되었으며 이에 대한 기준유량으로서 과거 10년 평균저수량 및 10년 평균평수량을 사용하고 있다(환경부, 2002b, 2007).

총량관리 단위유역의 기준유량 설정 및 유량분석 등을 위해서는 연속적인 유량자료가 확보되어야 하며 장기간의

신뢰성 있는 유량자료의 확보가 무엇보다 중요하다. 특히 오염물질 관리를 위한 하천 유량변화를 분석하기 위해서는 저·갈수기에 세심한 유량측정이 요구된다. 우리나라 4대강 수계에서는 수질보전대책의 수립·시행을 위한 수질모델링 및 오염총량관리 기준유량 설정시 활용하기 위하여 2004년 8월부터 총량관리 유량측정망을 구축하여 운영해 오고 있다(환경부, 2009). 총량관리 수계구간 내에서는 단위유역의 위치 및 지형적 특성 등에 따라 단위유역별 유량변화가 서로 다르게 나타난다. 총량관리 목표수질 및 할당부하량은 현재와 장래의 오염원 변화 및 단위유역별 삭감능력 등을 고려하여 설정되고 있으나, 총량관리 목표수질을 안정적으로 달성하기 위해서는 단위유역별 유량변화 특성을 함께 고려하는 것이 필요하다. 왜냐하면 유역으로부터 배출되는 오염부하량이 동일하더라도 하천 유량변화에 따라 목표수질지점에서의 수질변화 형태는 서로 다르게 나타나기 때문이다.

이에 본 연구에서는 총량관리 유량측정이 시작되어, 연도별 유량자료가 최초로 확보되기 시작한 2005년부터 최근까지 축적된 단위유역별 유량측정자료를 바탕으로 하여 수계

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.

osyoung@korea.kr

내의 공간적 유량분포 및 시간적 유량변화 특성을 분석하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 총량관리 유량측정

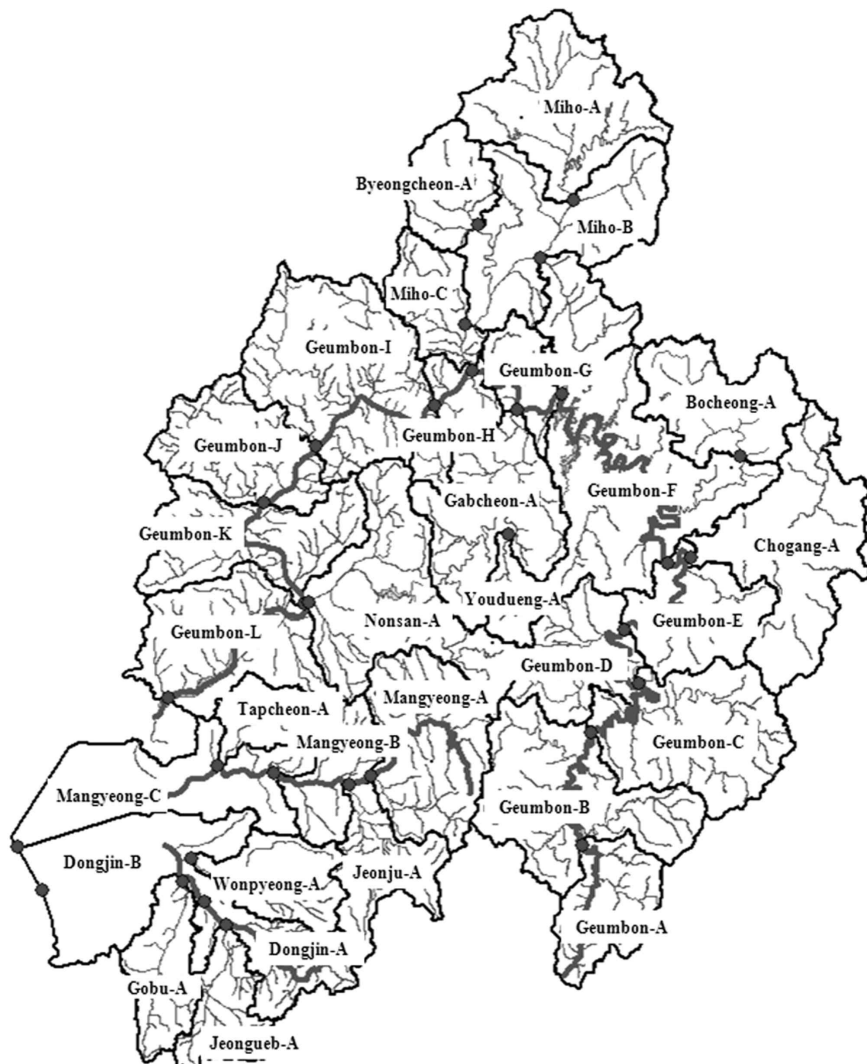
총량관리 유량측정은 4대강 수계 유량측정망으로부터 다음 Table 1에 나타난 바와 같이 해수유통구간을 제외한 140개 단위유역에 대하여 측정되고 있으며, 측정주기는 8일 간격으로서 연간 36회 이상 측정하는 것을 원칙으로 하고 있다. 또한, 특정요일에 집중되지 않도록 하며, 홍수, 건천(가뭄), 결빙 등 특이 기상과 측정자의 안전과 휴무 등을 고려하여 수질측정시기와 연계하여 적절한 간격으로 조정한다(환경부, 2009).

총량관리 유량측정망 측정지점에 대한 유량은 국토해양부(구 건설교통부)의 「수문관측 매뉴얼(2004.5)」에 따라 측정한다. 총량관리 유량측정망 중 해당지점에서 댐 방류량 등 유량자료를 가공없이 확보할 수 있거나 국토해양부 등

**Table 1.** The number of monitoring sites for streamflow in 4 river basins for TMDLs

| River basin    | No. of unit watershed | No. of sea water region | No. of monitoring site |
|----------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Han river      | 49                    | 1                       | 48                     |
| Nakdong river  | 41                    | -                       | 41                     |
| Guem river     | 32                    | 2                       | 30                     |
| Youngsan river | 23                    | 2                       | 21                     |
| Total          | 145                   | 5                       | 140                    |

유관기관에서 유량측정을 하고 있어 저수량 자료 등 총량 관리에 필요한 유량자료의 확보가 가능한 지점은 유관기관 자료를 활용한다. 이와 같이 총량관리 유량측정망이 구축되어 각 단위유역별로 매년 약 40여개 이상씩의 수질 및 유량자료가 축적되고 있다. 총량관리를 위한 유량측정자료가 생산됨에 따라 김상단 등(2007)은 8일 간격의 유량측정자료를 이용하여 일유량 확장가능성에 대한 연구를 수행하였으며, 김재철과 김상단(2007)은 총량관리 유량측정자료를 이용한 낙동강 유역의 유황분석에 대한 연구를 수행하였다.



**Fig. 1.** Unit watershed map for Guem river basin.

또한 총량관리 유량자료와 함께 동시 측정된 수질자료를 이용하여 오염총량관리 부하지속곡선에 대한 개발 및 적용성에 대한 연구가 수행되기도 하였다(강두기 등, 2007; 김종진 등, 2009; 한수희 등, 2007; 황하선 등, 2010).

2.2. 조사대상 지역

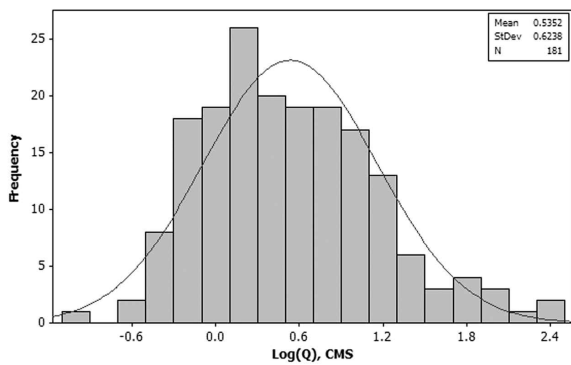
본 연구는 4대강 수계 중 중부지역에 위치한 금강수계를 대표지역으로 선정하여 조사분석하였다. 금강수계는 금강 본류 수역을 비롯하여 만경강 및 동진강수역의 32개 단위 유역으로 구성되어 있다(Fig. 1). 금강수계의 각 단위유역별 말단지점에서 2005년 1월부터 2009년 12월까지 5년간 측정된 유량자료(국립환경과학원, 2009)를 이용하여 단위 유역별 공간적 유량분포 및 시간적 유량변화 특성을 분석하였다.

2.3. 유량분포 및 유량변화 특성분석 방법

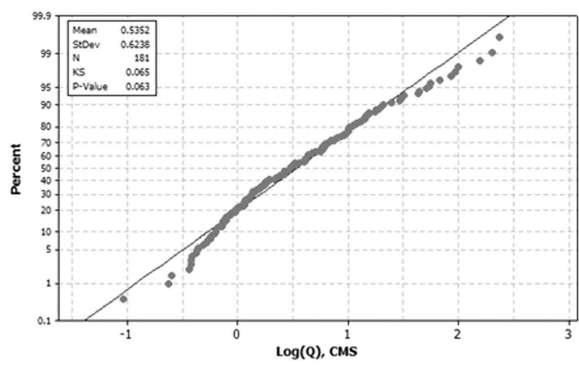
단위유역의 말단지점에서 나타나는 유량분포 및 유량변화는 유역의 강우량, 지형 및 토양특성 등의 자연적인 요인과 단위유역의 오염원 및 용수이용 등의 인위적인 요인에 따라 다양한 형태로 나타날 수 있다. 우리나라에서는 특히 강우량의 하절기 편중현상으로 인하여 연중 하천유량 변동 폭이 매우 크게 나타나고 있으며, 이와 같은 유량변동은 단위유역의 점오염원과 비점오염원의 분포비율 및 배출특성과 함께 단위유역 말단지점에서 수질변동의 중요한 요인이 된다(박준대 등, 2010).

유량분포 특성을 파악하기 위하여 단위유역별 공간적인 유량분포 형태와 그 정도(extent)를 분석하였다. 유량분포 형태는 유량의 정규성을 나타내는 지표인 Kolmogorov - Smirov 검증법에 의한 p-value를 비롯하여 왜도 및 첨도를 분석하였다. 유량분포 정도는 유량규모와 함께 유량 분산성을 나타내는 지표인 유량 변동계수(coefficient of variation), 하상계수(coefficient of river regime) 및 평균유량에 대한 중위유량비(Median flow ratio)를 분석하였다. 하상계수는 하천의 유황을 나타내기 위한 지표로서 최대유량과 최소 유량의 비로 정의된다(윤용남, 1998). 그러나 이진원(1993)은 하상계수는 이상갈수나 이상홍수에 의해 그 값이 매우 민감하기 때문에 평균적인 하천유량의 변동특성을 나타내기에는 문제점이 있으므로 하천의 유황을 대표하기에는 무리가 있다고 판단하여 이러한 점을 개선한 “유황계수”를 제시하였으며, 하천의 유황변화의 척도를 나타낼 수 있는 홍수량의 대표치로 10일 초과 일유량과 갈수량의 대표치로 355일 초과 일유량의 비로 정의하였다. 본 연구에서는 유량 관측기간 동안의 실질적인 하천유량 변동범위를 파악하기 위한 것이므로 기존의 하상계수와 동일한 방법으로 분석하였다.

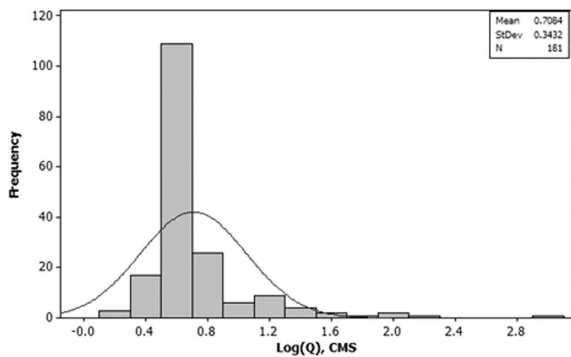
유량변화 특성을 파악하기 위하여 장단기 기간별 시간적 유량변화를 분석하였다. 단기적 유량변화는 월별 유량변화를 비롯하여 계절별 유량비율과 계절이동에 따른 유량변화율을 지표로 사용하였으며, 장기적 유량변화는 연도별 유량비율 및 연변화에 따른 유량변화율과 전 관측기간에 대한



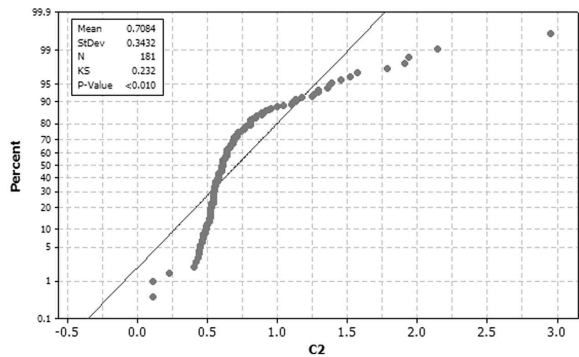
(a) Histogram of ManKyungA



(b) Probability plot of ManKyungA



(c) Histogram of JeonJuA



(d) Probability plot of JeonJuA

Fig. 2. The distribution of streamflow (left) & p-value by Kolmogorov - Smirov Method (right) for Mangyeong-A (upper) & Jeonju-A (downward) unit watershed in Guem river basin.

유형을 분석하였다. 전 관측기간에 대한 유형을 분석하기 위한 방법으로 제한적 유황곡선(Limited Flow Duration Curve)과 수문곡선을 연계한 유황·수문연계곡선을 작성하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 유량분포 특성

##### 3.1.1. 유량분포 형태

하천에서 유량분포는 자연계에서 나타나는 일반적인 현상과 마찬가지로 확률분포(probability distribution)를 따르고 있으나, 지역적 기상현상이나 지형적 특성 및 인위적인 요인 등에 따라 지역에 따라 여러 가지 형태로 나타날 수 있다. 단위유역별 유량분포 형태를 파악하기 위하여 확률분포의 가장 기본적인 형태 중의 하나인 대수정규분포(log-normal distribution)를 기준으로 하여 정규성을 분석하였다. 즉, 각 단위유역별 유량이 어느 정도 정규성을 나타내고 있는지를 파악하기 위하여 빈도분포 그래프(frequency distribution curve)를 작성하고 Kolmogorov - Smirnov 검증법에

의한 p-value를 비롯하여 왜도(skewness) 및 첨도(kurtosis)를 분석하였다. 이 방법에 의한 p-value가 0.05 이상이면 정규분포를 나타내고 있는 것으로 간주하였다. 다음 Fig. 2에 두 단위유역에 대한 빈도그래프와 p-value 분석 예시를 나타내었다. 그림의 위쪽은 만경A 단위유역의 유량분포 형태로서 정규성이 잘 나타나고 있는 지역의 예시이며, 아래쪽은 전주A 단위유역으로서 정규성이 거의 나타나지 않고 있는 지역의 예시이다.

금강수계 단위유역별 유량분포에 대한 정규성 분석결과, 다음 Table 2에 나타난 바와 같이 대부분의 단위유역에서 p-value가 0.05 미만으로서 정규성이 거의 나타나지 않고 있다. p-value가 0.05 이상인 지역은 만경A 단위유역 1개 지역이며, 무심A 단위유역이 p-value 0.042를 나타내고 있는 것 이외에는 거의 0에 가까운 값을 나타내고 있다. 또한, 왜도를 보면 모두 양(+)의 값으로서 유량분포의 형태가 오른쪽으로 치우쳐 있는 것으로 나타나고 있으며, 특히 지류 하천인 전주A, 원평A, 논산A 및 동진B 단위유역에서 심하게 치우친 것으로 나타나고 있다. 첨도의 경우에는 금

Table 2. Normality of streamflow distribution at each unit watershed in Guem river basin

| Unit watershed | No. of flow data | p-value | Skewness | Kurtosis | Remark      |
|----------------|------------------|---------|----------|----------|-------------|
| Guembon-A      | 183              | 0.000   | 6.768    | 53.239   | main stream |
| Guembon-B      | 183              | 0.000   | 0.071    | 0.318    | "           |
| Guembon-C      | 183              | 0.000   | 6.068    | 44.971   | "           |
| Guembon-D      | 183              | 0.000   | 8.781    | 93.734   | "           |
| Guembon-E      | 183              | 0.000   | 7.432    | 68.408   | "           |
| Guembon-F      | 183              | 0.000   | 8.062    | 82.110   | "           |
| Guembon-G      | 183              | 0.000   | 6.588    | 57.234   | "           |
| Guembon-H      | 181              | 0.000   | 5.080    | 30.196   | "           |
| Guembon-I      | 180              | 0.000   | 4.805    | 26.065   | "           |
| Guembon-J      | 181              | 0.000   | 4.761    | 25.895   | "           |
| Guembon-K      | 181              | 0.000   | 4.802    | 26.332   | "           |
| Guembon-L      | 182              | 0.000   | 4.609    | 25.380   | "           |
| Chogang-A      | 183              | 0.000   | 6.791    | 53.871   | tributary   |
| Bocheong-A     | 183              | 0.000   | 6.101    | 42.896   | "           |
| Youdueng-A     | 183              | 0.000   | 8.177    | 83.394   | "           |
| Gabcheon-A     | 183              | 0.000   | 4.260    | 22.744   | "           |
| Miho-A         | 182              | 0.000   | 7.171    | 65.984   | "           |
| Musim-A        | 182              | 0.042   | 6.130    | 45.567   | "           |
| Byeongcheon-A  | 181              | 0.000   | 5.526    | 37.057   | "           |
| Miho-B         | 183              | 0.000   | 7.633    | 70.806   | "           |
| Miho-C         | 182              | 0.000   | 7.197    | 63.341   | "           |
| Nonsan-A       | 181              | 0.000   | 10.556   | 124.156  | "           |
| Mangyeong-A    | 181              | 0.059   | 5.323    | 32.651   | "           |
| Jeonju-A       | 181              | 0.000   | 12.602   | 164.797  | "           |
| Mangyeong-B    | 181              | 0.000   | 9.886    | 113.157  | "           |
| Tapcheon-A     | 148              | 0.002   | 5.690    | 37.192   | "           |
| Mangyeong-C    | 148              | 0.000   | 9.016    | 93.210   | "           |
| Jeongueb-A     | 180              | 0.009   | 8.756    | 84.650   | "           |
| Dongjin-A      | 180              | 0.000   | 9.628    | 108.532  | "           |
| Gobu-A         | 148              | 0.000   | 6.298    | 43.628   | "           |
| Wonpyeong-A    | 148              | 0.000   | 11.365   | 134.192  | "           |
| Dongjin-B      | 148              | 0.001   | 10.113   | 112.677  | "           |

본B 단위유역을 제외한 모든 단위유역에서 매우 큰 값을 나타내고 있으며, 왜도가 큰 지류하천들에서 침도도 크게 나타나고 있다. 이와 같은 분석결과로 보아 금강수계 단위유역의 하천유량은 대부분 정규성이 잘 나타나지 않고 있음을 알 수 있다.

3.1.2. 유량분포 정도

3.1.2.1. 유량규모

금강수계 본류구간과 지류구간의 유량 차이가 매우 크므로 구간별로 구분하여 유량규모를 분석하였으며, 실제유량과 자체유량을 산정하여 비교하였다. 실제유량은 단위유역별 모니터링 지점에서 실제 측정된 유량으로서 상류에서 유입된 유량이 포함된 유량이며, 자체유량은 실제유량에서 상류 유입유량을 뺀 값으로서 단위유역 자체에서 발생한 유량을 의미한다. 과거 5년 동안 측정된 연도별 유량자료를 바탕으로 산정한 본류구간 및 지류구간의 단위유역별 유량규모를 보면 다음 Fig. 3과 같다.

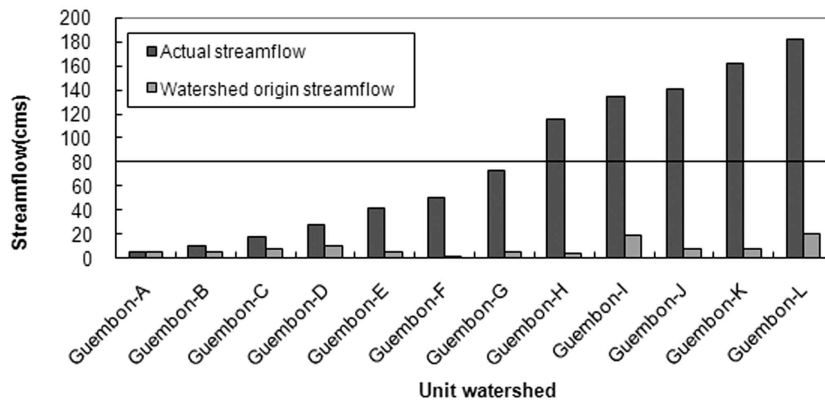
금강수계의 실제유량을 보면, 본류구간에 속한 12개 단위유역 전체의 평균 실제유량은 약 80.1 cms 로 나타나고 있다. 금본A 지점에서 금본G 지점까지는 본류의 평균수준보다 낮은 0.07~0.91 배를 나타내고 있으며 금본H 지점에서 금본L 지점까지는 평균수준보다 높은 1.45~2.27 배를 나타내고 있다. 특히, 금본F 지점(대청댐) 이후 갑천이 합

류되는 금본G 지점과 미호천이 합류되는 금본H 지점에서 큰 폭으로 유량이 증가하고 있다. 한편, 지류구간에 속한 20개 단위유역 전체의 평균 자체유량은 약 14.6 cms로 나타나고 있다. 탑천A 및 논산A 등은 지류의 평균수준보다 낮은 0.06~0.88 배로 나타나고 있으며, 갑천, 미호천, 만경강, 동진강은 평균수준보다 높은 1.20~2.21 배로 나타나고 있다. 미호A 지점에 비하여 미호B 지점에서 유량증가가 급격하게 나타나고 있는 것은 미호A 지점 직상류의 보(淤)에 저류된 농업용수가 유역의 농경지로 유입된 후 우회하여 미호B 지점으로 유입되기 때문이다.

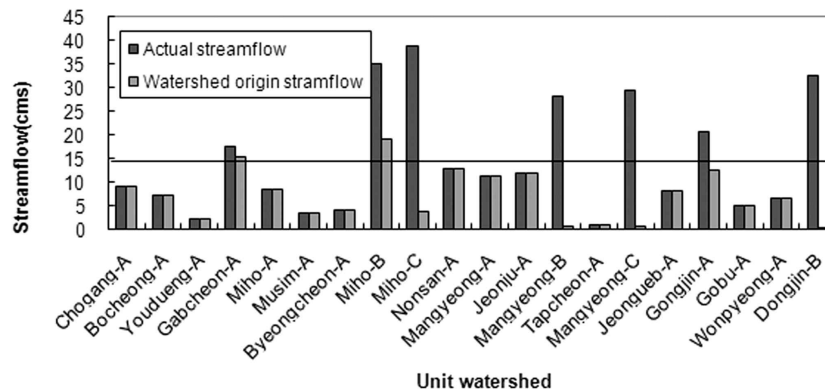
금강수계의 자체유량을 보면, 본류구간에 속한 단위유역 전체의 평균 자체유량은 8.1 cms 로 나타났으며 지류구간에 속하는 단위유역 전체의 평균 자체유량은 평균 7.1 cms 로서 거의 유사한 수준으로 나타나고 있다. 금강수계 본류구간에 속한 단위유역별 자체유량규모를 비교해 보면 금본D, 금본I, 금본L 지점은 큰 반면, 금본F 지점은 아주 작은 것으로 나타났다. 한편, 지류구간에 속한 단위유역별 자체유량규모를 비교해 보면 갑천A, 미호B가 가장 크게 나타난 반면 만경B, 탑천A, 만경C, 동진B 지역은 아주 작은 것으로 나타나고 있다.

3.1.2.2. 유량 분산성

금강수계의 단위유역별 유량 변동계수, 하상계수 및 중위



(a) Main stream



(b) Tributaries

Fig. 3. Size of streamflow at each unit watershed on main stream (a) & tributaries (b) in Guem river basin.

**Table 3.** Variance of streamflow distribution at each unit watershed in Guem river basin

|             | Unit watershed | Average flow (cms) | Coefficient of variation (%) | Coefficient of river regime | Median flow ratio |
|-------------|----------------|--------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Main stream | Guembon-A      | 5.352              | 197.0                        | 100                         | 0.43              |
|             | Guembon-B      | 10.391             | 27.2                         | 3                           | 0.98              |
|             | Guembon-C      | 17.606             | 111.9                        | 25                          | 0.74              |
|             | Guembon-D      | 27.820             | 167.9                        | 36                          | 0.58              |
|             | Guembon-E      | 41.379             | 182.9                        | 44                          | 0.53              |
|             | Guembon-F      | 50.187             | 165.3                        | 42                          | 0.49              |
|             | Guembon-G      | 73.038             | 147.0                        | 30                          | 0.57              |
|             | Guembon-H      | 115.882            | 152.2                        | 32                          | 0.53              |
|             | Guembon-I      | 134.223            | 159.6                        | 35                          | 0.50              |
|             | Guembon-J      | 141.146            | 159.4                        | 36                          | 0.48              |
|             | Guembon-K      | 162.141            | 166.5                        | 42                          | 0.48              |
|             | Guembon-L      | 182.089            | 161.1                        | 44                          | 0.53              |
|             | Average        | 80.105             | 149.8                        | 39                          | 0.57              |
| Tributaries | Chogang-A      | 9.022              | 263.2                        | 379                         | 0.31              |
|             | Bocheong-A     | 7.062              | 242.3                        | 759                         | 0.31              |
|             | Youdueng-A     | 2.280              | 239.6                        | 202                         | 0.33              |
|             | Gabcheon-A     | 17.532             | 129.1                        | 20                          | 0.55              |
|             | Miho-A         | 8.388              | 249.9                        | 1359                        | 0.37              |
|             | Musim-A        | 3.539              | 124.6                        | 50                          | 0.69              |
|             | Byeongcheon-A  | 4.050              | 204.0                        | 302                         | 0.40              |
|             | Miho-B         | 34.927             | 206.6                        | 64                          | 0.44              |
|             | Miho-C         | 38.819             | 203.3                        | 55                          | 0.44              |
|             | Nonsan-A       | 12.834             | 200.3                        | 248                         | 0.46              |
|             | Mangyeong-A    | 11.360             | 214.2                        | 459                         | 0.34              |
|             | Jeonju-A       | 11.897             | 203.3                        | 86                          | 0.49              |
|             | Mangyeong-B    | 27.980             | 208.5                        | 99                          | 0.41              |
|             | Tapcheon-A     | 0.946              | 178.3                        | 108                         | 0.40              |
|             | Mangyeong-C    | 29.433             | 229.4                        | 113                         | 0.38              |
|             | Jeongueb-A     | 8.244              | 242.8                        | 283                         | 0.41              |
|             | Dongjin-A      | 20.593             | 194.8                        | 304                         | 0.66              |
|             | Gobu-A         | 4.999              | 277.1                        | 348                         | 0.29              |
|             | Wonpyeong-A    | 6.428              | 282.0                        | 1611                        | 0.29              |
|             | Dongjin-B      | 32.386             | 215.4                        | 395                         | 0.55              |
| Average     | 14.636         | 215.4              | 362                          | 0.43                        |                   |

유량비는 다음 Table 3과 같으며, 일반적으로 유량 변동계수가 큰 지역에서 하상계수와 중위유량비도 비교적 크게 나타나고 있다.

본류구간에서는 금본A 지역의 유량 변동계수가 가장 크게 나타나고 있으며, 금본E, 금본F 및 금본K 지역에서도 비교적 크게 나타나고 있다. 본류구간에서 유량 변동계수가 가장 작은 지역은 용담댐 직하류인 금본B 지역으로서 댐방류량에 의한 영향으로 판단된다. 본류구간에서 변동계수가 가장 큰 금본A 지역과 가장 작은 금본B 지역의 차이는 약 7.2배 정도로 나타나고 있다. 지류구간에서 유량 변동계수가 크게 나타나고 있는 지역은 초강A, 보청A, 미호A, 고부A 및 원평A 이며, 갑천A, 무심A 전주A 및 동진A 지역에서 작은 값을 나타내고 있다. 지류구간에서 유량 변동계수가 가장 큰 원평A 지역과 가장 작은 무심A 지역은 약 2.3 배 정도의 차이를 나타내고 있다. 본류구간과 지류구간 전체적으로 볼 때 유량 변동계수는 지류구간의 단위유역에서

약 1.4배 정도 크게 나타나고 있다. 또한 산술평균유량에 대한 중위유량비(ratio of median flow to arithmetic mean)는 본류구간이 약 0.57 및 지류구간이 약 0.43으로서 지류구간에서 훨씬 작게 나타나고 있다.

### 3.2. 유량변화 특성

#### 3.2.1. 단기적 유량변화

우리나라에서 유량변화가 가장 크게 나타나는 주요한 요인 중의 하나는 강우의 월별 또는 계절적 편중현상이다. 즉, 연중 강우시기에 강우량 및 댐 방류량 등이 집중됨으로서 유량변화가 큰 폭으로 발생하게 된다.

##### 3.2.1.1. 월별 유량변화

금강수계 하천유량에 대한 월별변화 패턴을 파악하기 위하여 본류구간과 지류구간에서 각각 두 지역씩을 선정하여 월별 유량변화를 분석하였다. 본류구간에서는 가장 상류지

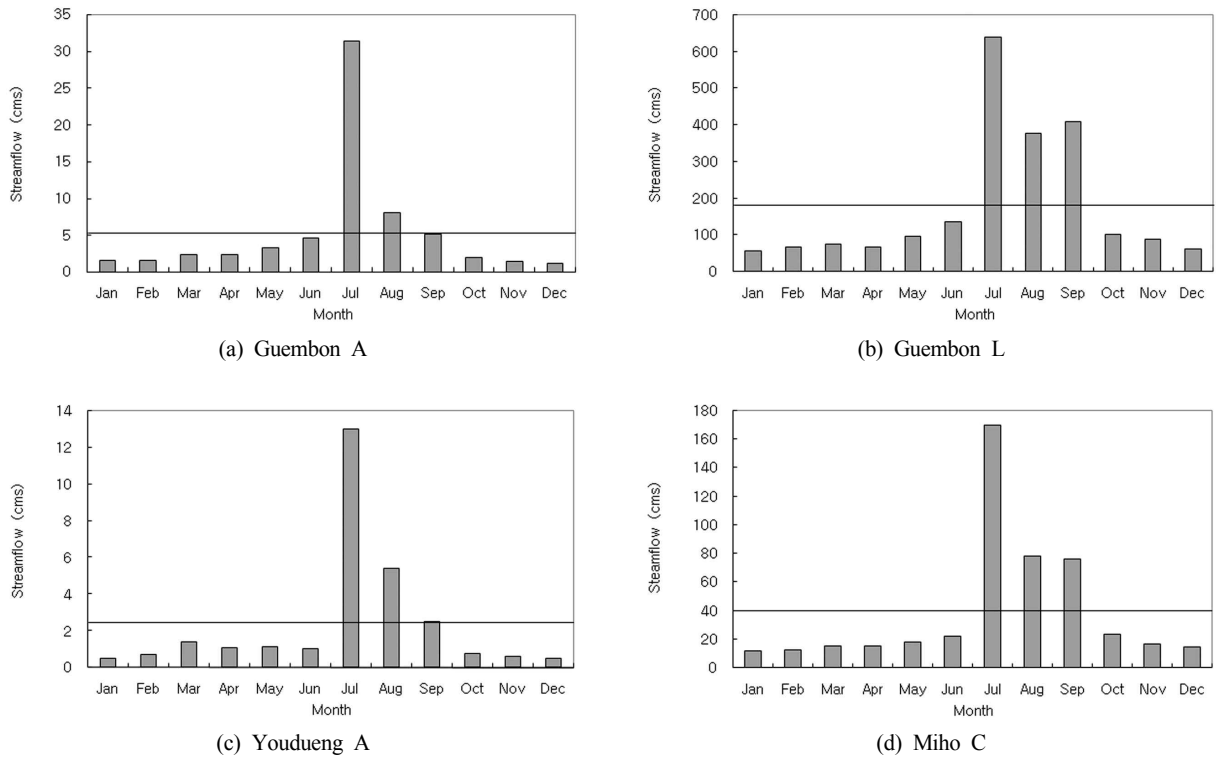


Fig. 4. Monthly streamflow on main stream (a & b) and tributaries (c & d) in Guem river basin.

역인 금본A 지역과 가장 하류지역인 금본L 지역을 선정하였으며, 지류구간에서는 유량규모가 가장 큰 지류하천인 미호C 지역과 가장 작은 지류하천인 유등A 지역을 선정하였다. 2005년부터 2009년까지 평균적으로 볼 때 금강수계 본류구간과 지류구간의 최대유량은 7월에 나타나고 있으며, 최소유량은 1월 및 12월에 나타나고 있다. 연중 수계구간의 연평균유량보다 그 이상의 유량을 나타내는 시기는 7, 8, 9월의 3개월로 나타나고 있다. 평균유량 이상시기에 있어서 금본A 및 유등A 지역에서는 7월의 최대유량과 8, 9월의 유량 차이가 크게 나타난 반면, 금본L 및 미호C 지역에서는 7월의 최대유량과 8, 9월의 유량차이가 그다지 크게 나타나지 않고 있다. 즉, 하류지역 및 유량이 큰 하천일수록 최대 유량구간이 보다 오랫동안 지속되고 있다. 연중 월별 최대유량과 최소유량의 비는 금본A 지역과 금본L 지역이 각각 약 25배 및 11배, 그리고 유등A 지역과 미호C 지역이 각각 약 27배 및 15배를 나타내고 있다. 즉, 상류지

역 및 유량이 작은 하천일수록 최대유량과 최소유량비의 차이가 크게 나타나고 있다(Fig. 4참조).

3.2.1.2. 계절적 유량변화

금강수계 하천의 계절별 유량은 다음 Fig. 5와 같다. 2005년부터 2009년까지 본류구간과 지류구간의 평균적인 계절별 유량을 보면, 연중 유량의 약 50~60%가 여름철에 집중되어 나타나고 있으며, 겨울철에는 약 10% 정도에 그치고 있다. 최대유량 계절인 여름철과 최소유량 계절인 겨울철의 유량차이를 보면 본류구간에서는 약 4배 정도 차이가 나타나고 있으며, 지류구간에서는 약 6.2배 정도의 차이가 나타나고 있다.

연평균유량 대비 계절별 유량비율을 보면 여름철을 제외한 모든 계절에서 평균보다 낮은 유량이 나타나고 있다. 본류구간에서 여름철에는 평균유량의 203.2%를 나타내고 있고 겨울철에는 평균유량의 48.6% 나타내고 있으며, 지류

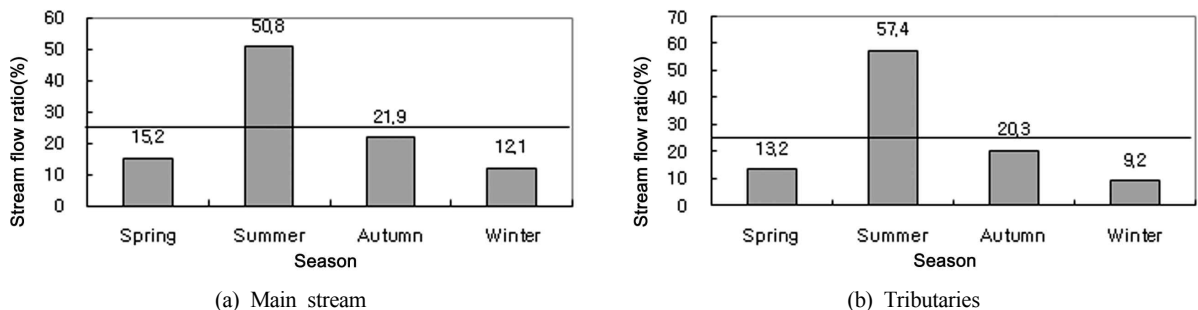


Fig. 5. Seasonal streamflow on main stream (a) and tributaries (b) in Guem river basin.

구간에서는 여름철과 겨울철에 각각 229.2% 및 36.6%를 나타내고 있다.

계절이동에 따른 유량 변화율 즉, 전계절 대비 유량 변화율을 보면 본류구간이 평균 95.3% 및 지류구간이 134.7%로서 지류구간이 본류구간에 비하여 약 1.4배 정도 높은 변화율을 나타내고 있다(Table 4 참조). 각 계절별로는 봄철에서 여름철로 이동하는 시기에 가장 높은 변화율을 보이고 있으며, 본류구간에서는 234.7% 및 지류구간에서는 335.8%를 나타내고 있다. 본류구간에서는 금본A와 금본K 및 금본L인 최상류와 최하류 지역에서 가장 높은 변화율을 나타내고 있으며, 지류구간에서는 초강A, 보청A 및 미호A인 상류지역의 지류에서 가장 높은 변화율을 나타내고 있다. 한편, 계절이동 변화율이 가장 낮은 시기는 겨울철에서 봄철로 이동하는 시기로서 본류구간에서는 25.0% 및 지류

구간에서는 43.9%를 나타내고 있다. 특히, 본류구간의 금본B는 댐의 영향으로 인하여 계절이동 변화율이 가장 낮게 나타나고 있으며, 본류구간 평균 변화율의 1/10 보다도 낮은 변화율을 나타내고 있다.

### 3.2.2. 장기적 유량변화 특성

#### 3.2.2.1. 연도별 유량변화

금강수계 본류구간과 지류구간에 대한 연도별 유량을 보면 다음 Fig. 6과 같다. 본류구간에서는 2008년도와 2009년도에 비교적 유량이 적게 나타나고 있으며, 지류구간에서는 2008년도에 유량이 적게 나타나고 있다. 지류구간에서 2009년도에 유량이 많게 나타난 것은 만경강과 동진강 수역에서 매우 높은 유량이 나타난 것에 기인한 것이다.

2005년부터 2009년까지 5년 동안 본류구간의 연도별 변

**Table 4.** Variation of streamflow to seasonal shift at each unit watershed in Guem river basin

|             | Unit watershed | Ratio of variation (%) |                       |                       |                       | Average ratio |
|-------------|----------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
|             |                | Spring<br>→<br>Summer  | Summer<br>→<br>Autumn | Autumn<br>→<br>Winter | Winter<br>→<br>Spring |               |
| Main stream | Guembon-A      | 330.4                  | 77.2                  | 43.0                  | 79.0                  | 132.4         |
|             | Guembon-B      | 17.2                   | 11.4                  | 0.4                   | 3.4                   | 8.1           |
|             | Guembon-C      | 120.2                  | 56.9                  | 12.0                  | 19.7                  | 52.2          |
|             | Guembon-D      | 246.7                  | 68.2                  | 22.5                  | 17.2                  | 88.7          |
|             | Guembon-E      | 314.2                  | 71.8                  | 28.6                  | 20.1                  | 108.7         |
|             | Guembon-F      | 236.4                  | 52.5                  | 56.9                  | 45.4                  | 97.8          |
|             | Guembon-G      | 234.4                  | 50.0                  | 58.6                  | 44.5                  | 96.9          |
|             | Guembon-H      | 269.2                  | 51.7                  | 56.1                  | 27.7                  | 101.2         |
|             | Guembon-I      | 295.8                  | 51.9                  | 59.2                  | 28.7                  | 108.9         |
|             | Guembon-J      | 310.2                  | 52.7                  | 60.8                  | 31.6                  | 113.8         |
|             | Guembon-K      | 329.1                  | 54.3                  | 60.2                  | 28.2                  | 117.9         |
|             | Guembon-L      | 340.6                  | 55.9                  | 56.1                  | 17.3                  | 117.5         |
|             | Average        | 234.7                  | 56.9                  | 44.5                  | 25.0                  | 95.3          |
| Tributaries | Chogang-A      | 656.7                  | 85.2                  | 39.6                  | 47.5                  | 207.2         |
|             | Bocheong-A     | 507.2                  | 81.1                  | 59.9                  | 116.8                 | 191.2         |
|             | Youdueng-A     | 372.9                  | 78.2                  | 46.8                  | 82.2                  | 145.0         |
|             | Gabcheon-A     | 204.1                  | 54.8                  | 38.9                  | 19.0                  | 79.2          |
|             | Miho-A         | 656.3                  | 46.4                  | 69.6                  | 18.8                  | 197.8         |
|             | Musim-A        | 159.7                  | 49.6                  | 49.1                  | 50.1                  | 77.1          |
|             | Byeongcheon-A  | 404.8                  | 43.0                  | 55.8                  | 21.3                  | 131.2         |
|             | Miho-B         | 393.5                  | 54.4                  | 62.4                  | 18.0                  | 132.1         |
|             | Miho-C         | 393.4                  | 54.5                  | 63.0                  | 20.3                  | 132.8         |
|             | Nonsan-A       | 243.6                  | 55.8                  | 50.1                  | 32.0                  | 95.4          |
|             | Mangyeong-A    | 457.9                  | 63.9                  | 57.8                  | 17.7                  | 149.3         |
|             | Jeonju-A       | 253.5                  | 64.1                  | 42.7                  | 37.7                  | 99.5          |
|             | Mangyeong-B    | 371.6                  | 65.6                  | 50.1                  | 23.6                  | 127.7         |
|             | Tapcheon-A     | 301.1                  | 76.3                  | 20.8                  | 33.0                  | 107.8         |
|             | Mangyeong-C    | 380.1                  | 66.4                  | 56.7                  | 43.3                  | 136.6         |
|             | Jeongueb-A     | 415.2                  | 65.8                  | 56.4                  | 30.0                  | 141.9         |
|             | Dongjin-A      | 208.0                  | 70.1                  | 68.6                  | 246.5                 | 148.3         |
|             | Gobu-A         | 259.1                  | 61.1                  | 67.5                  | 120.5                 | 127.1         |
|             | Wonpyeong-A    | 401.8                  | 68.5                  | 52.4                  | 32.7                  | 138.8         |
|             | Dongjin-B      | 230.1                  | 66.0                  | 64.7                  | 152.1                 | 128.2         |
|             | Average        | 335.8                  | 64.6                  | 54.9                  | 43.9                  | 134.7         |



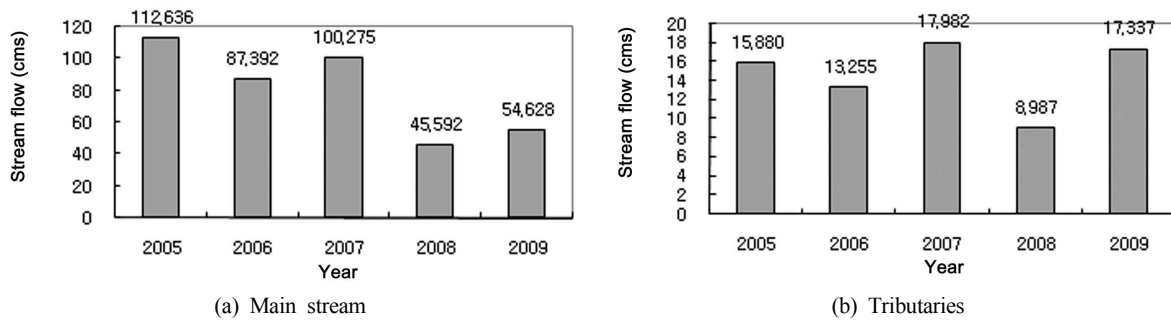


Fig. 6. Yearly streamflow on main stream (a) and tributaries (b) in Guem river basin.

화에 따른 유량 변화율 즉, 전년 대비 유량변화율은 다음 Table 5에서 보는 바와 같이 본류구간에서 평균 26.3%이며, 지류구간에서 70.5%로서 본류구간에 비하여 지류구간

에서 약 3배 정도 높게 나타나고 있다. 본류구간에서 전년 대비 유량변화율이 높은 지역은 금본A, 금본F, 금본I, 금본J, 금본K 및 금본L 지역이며, 지류구간에서는 전주A, 만경

Table 5. Variation of streamflow to annual shift at each unit watershed in Guem river basin

|             | Unit watershed | Average flowrate (cms) | Ratio of variation (%) |         |         |         | Average ratio |
|-------------|----------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|---------------|
|             |                |                        | 05 → 06                | 06 → 07 | 07 → 08 | 08 → 09 |               |
| Main stream | Guembon-A      | 5.352                  | 7.5                    | 32.0    | 40.8    | 47.0    | 31.8          |
|             | Guembon-B      | 10.391                 | 11.0                   | 4.3     | 19.0    | 16.6    | 12.7          |
|             | Guembon-C      | 17.606                 | 5.7                    | 10.2    | 28.6    | 7.7     | 13.0          |
|             | Guembon-D      | 27.820                 | 23.5                   | 28.3    | 41.2    | 3.8     | 24.2          |
|             | Guembon-E      | 41.379                 | 8.4                    | 22.9    | 48.0    | 11.5    | 22.7          |
|             | Guembon-F      | 50.187                 | 9.1                    | 25.5    | 64.0    | 15.8    | 28.6          |
|             | Guembon-G      | 73.038                 | 20.3                   | 18.7    | 56.9    | 1.8     | 24.4          |
|             | Guembon-H      | 115.882                | 16.8                   | 7.7     | 55.9    | 17.8    | 24.5          |
|             | Guembon-I      | 134.223                | 27.4                   | 18.5    | 57.8    | 24.1    | 31.9          |
|             | Guembon-J      | 141.146                | 28.7                   | 20.9    | 57.4    | 22.7    | 32.4          |
|             | Guembon-K      | 162.141                | 22.4                   | 23.8    | 54.3    | 33.7    | 33.6          |
| Guembon-L   | 182.089        | 35.5                   | 25.9                   | 52.3    | 30.4    | 36.0    |               |
| Average     | 80.105         | 18.0                   | 19.9                   | 48.0    | 19.4    | 26.3    |               |
| Tributaries | Chogang-A      | 9.022                  | 8.6                    | 14.6    | 56.4    | 12.5    | 23.0          |
|             | Bocheong-A     | 7.062                  | 21.8                   | 27.8    | 55.1    | 25.0    | 32.4          |
|             | Youdueng-A     | 2.280                  | 16.4                   | 8.9     | 31.7    | 74.4    | 32.9          |
|             | Gabcheon-A     | 17.532                 | 10.9                   | 1.0     | 33.5    | 39.5    | 21.2          |
|             | Miho-A         | 8.388                  | 9.0                    | 16.5    | 65.5    | 18.5    | 27.4          |
|             | Musim-A        | 3.539                  | 3.8                    | 0.5     | 25.7    | 50.7    | 20.2          |
|             | Byeongcheon-A  | 4.050                  | 43.1                   | 54.1    | 59.0    | 14.6    | 42.7          |
|             | Miho-B         | 34.927                 | 13.7                   | 15.3    | 41.2    | 16.5    | 21.7          |
|             | Miho-C         | 38.819                 | 7.6                    | 14.4    | 39.2    | 11.7    | 18.2          |
|             | Nonsan-A       | 12.834                 | 22.3                   | 68.5    | 46.7    | 176.0   | 78.4          |
|             | Mangyeong-A    | 11.360                 | 55.2                   | 223.7   | 59.9    | 20.2    | 89.8          |
|             | Jeonju-A       | 11.897                 | 12.8                   | 128.1   | 55.4    | 343.0   | 134.8         |
|             | Mangyeong-B    | 27.980                 | 42.0                   | 176.1   | 61.6    | 159.5   | 109.8         |
|             | Tapcheon-A     | 0.946                  | -                      | 175.3   | 69.8    | 59.6    | 101.6         |
|             | Mangyeong-C    | 29.433                 | -                      | 176.0   | 61.9    | 156.3   | 131.4         |
|             | Jeongueb-A     | 8.244                  | 57.4                   | 31.4    | 31.7    | 177.1   | 74.4          |
|             | Dongjin-A      | 20.593                 | 1.1                    | 19.3    | 31.9    | 57.5    | 27.4          |
|             | Gobu-A         | 4.999                  | -                      | 57.7    | 68.5    | 203.6   | 110.0         |
|             | Wonpyeong-A    | 6.428                  | -                      | 165.1   | 78.2    | 1016.5  | 419.9         |
|             | Dongjin-B      | 32.386                 | -                      | 38.1    | 46.9    | 142.5   | 75.8          |
| Average     | 14.636         | 21.7                   | 70.6                   | 51.0    | 138.8   | 70.5    |               |

B, 탑천A, 만경C 고부A 및 원평A 지역으로 나타났다.

3.2.2.2. 기준유량 대비 유량비율

총량관리 계획시 설정한 기준유량과 연도별 유량변화의 차이가 크게 나타날 경우에는 오염부하량을 할당하거나 목표수질을 평가할 때에는 그 차이를 고려하여야 한다.

2005년부터 2009년까지 단위유역별 기준유량 대비 연도별 유량비율을 분석하였다. 유량비율은 유량규모의 유사성을 고려하여 기준유량인 평수량과 연도별 중위유량(median flowrate)을 비교하여 분석하였다(Table 6 참조). 2005년도부터 2007년도까지의 단위유역별 유량은 기준유량 대비 111.2~123.2%의 유량비율로서 계획수립 당시 설정된 기준유량보다 하천유량이 많게 나타나고 있으며, 2008년도부터 2009년도까지는 기준유량 대비 54.8~90.9%의 유량비율로서 기준유량보다 하천유량이 적게 나타나고 있다. 특히, 2009년

도에는 하천유량이 매우 적어 기준유량에 비하여 약 절반 정도의 유량을 나타내고 있다. 기준유량 대비 유량비율이 큰 연도를 기준으로 하여 오염부하량을 할당할 경우에는 할당 부하량이 과다 산정될 수 있으며, 이와는 반대로 유량비율이 낮은 연도를 기준으로 하여 오염부하량을 할당할 경우에는 할당부하량이 과소 산정될 수 있으므로 기준유량 대비 유량비율이 너무 크거나 작은 연도를 기준으로 하여 오염부하량을 할당하는 것은 바람직하지 않다. 또한 기준유량 대비 유량비율이 크게 나타나는 연도에는 목표수질 달성도가 높게 나타날 수 있고, 이와는 반대로 유량비율이 낮은 연도에는 목표수질 달성도가 낮게 나타날 수 있으므로 목표수질 달성도 평가시에는 이를 반영하여 평가하여야 한다.

3.2.2.3. 전 관측기간 현황

하천유량에 대한 장기간의 변화상태를 파악하기 위한 방

Table 6. Flow ratio of annual median flowrate to standard flowrate at each unit watershed in Guem river basin

|             | Unit watershed | Planned ordinary flowrate (cms) | Annual median flowrate (cms) |       |       |       |       | Flow ratio (%) |       |       |       |      |
|-------------|----------------|---------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|------|
|             |                |                                 | 2005                         | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2005           | 2006  | 2007  | 2008  | 2009 |
| Main stream | Guembon-A      | 2.36                            | 2.12                         | 2.18  | 2.85  | 1.91  | 1.40  | 89.6           | 92.5  | 120.7 | 81.0  | 59.4 |
|             | Guembon-B      | 7.03                            | 12.17                        | 10.92 | 12.17 | 9.97  | 6.21  | 173.1          | 155.3 | 173.2 | 141.8 | 88.3 |
|             | Guembon-C      | 10.32                           | 13.99                        | 13.67 | 14.91 | 12.84 | 8.23  | 135.6          | 132.5 | 144.5 | 124.4 | 79.8 |
|             | Guembon-D      | 13.17                           | 17.34                        | 15.91 | 17.05 | 13.61 | 11.39 | 131.6          | 120.8 | 129.5 | 103.3 | 86.5 |
|             | Guembon-E      | 20.44                           | 22.70                        | 23.44 | 22.64 | 18.49 | 13.64 | 111.0          | 114.7 | 110.8 | 90.5  | 66.7 |
|             | Guembon-F      | 25.93                           | 26.94                        | 21.60 | 29.50 | 20.90 | 11.32 | 103.9          | 83.3  | 113.8 | 80.6  | 43.6 |
|             | Guembon-G      | 47.88                           | 44.05                        | 47.74 | 42.50 | 37.58 | 20.13 | 92.0           | 99.7  | 88.8  | 78.5  | 42.0 |
|             | Guembon-H      | 69.14                           | 71.47                        | 67.83 | 67.52 | 51.64 | 33.11 | 103.4          | 98.1  | 97.7  | 74.7  | 47.9 |
|             | Guembon-I      | 73.07                           | 69.85                        | 73.33 | 78.42 | 54.18 | 35.91 | 95.6           | 100.4 | 107.3 | 74.1  | 49.1 |
|             | Guembon-J      | 76.49                           | 64.95                        | 76.96 | 79.69 | 56.23 | 38.20 | 84.9           | 100.6 | 104.2 | 73.5  | 49.9 |
|             | Guembon-K      | 94.18                           | 68.00                        | 90.50 | 94.89 | 68.72 | 45.05 | 72.2           | 96.1  | 100.8 | 73.0  | 47.8 |
| Guembon-L   | 101.32         | 153.61                          | 97.29                        | 101.1 | 75.14 | 47.77 | 151.6 | 96.0           | 99.8  | 74.2  | 47.1  |      |
| Tributaries | Chogang-A      | 4.41                            | 2.53                         | 3.02  | 3.01  | 2.36  | 1.59  | 57.3           | 68.5  | 68.2  | 53.4  | 36.1 |
|             | Bocheong-A     | 2.33                            | 2.71                         | 2.44  | 2.11  | 1.57  | 1.36  | 116.3          | 104.7 | 90.5  | 67.2  | 58.5 |
|             | Youdueng-A     | 0.81                            | 1.08                         | 0.66  | 0.86  | 0.61  | 0.49  | 133.8          | 81.5  | 106.4 | 75.6  | 60.6 |
|             | Gabcheon-A     | 10.67                           | 13.08                        | 10.08 | 9.71  | 8.08  | 7.23  | 122.6          | 94.5  | 91.0  | 75.8  | 67.8 |
|             | Miho-A         | 2.79                            | 3.74                         | 2.22  | 4.25  | 2.18  | 1.92  | 134.1          | 79.5  | 152.4 | 78.2  | 68.8 |
|             | Musim-A        | 2.00                            | 3.39                         | 1.91  | 2.64  | 2.27  | 1.68  | 169.4          | 95.4  | 132.1 | 113.7 | 83.8 |
|             | Byeongcheon-A  | 1.77                            | 2.17                         | 1.32  | 1.78  | 1.18  | 1.16  | 122.7          | 74.5  | 100.5 | 66.5  | 65.3 |
|             | Miho-B         | 13.36                           | 18.68                        | 14.81 | 16.03 | 12.30 | 12.38 | 139.8          | 110.9 | 120.0 | 92.1  | 92.7 |
|             | Miho-C         | 14.69                           | 20.39                        | 16.80 | 18.15 | 13.49 | 13.40 | 138.8          | 114.4 | 123.5 | 91.8  | 91.2 |
|             | Nonsan-A       | 4.65                            | 3.88                         | 5.41  | 6.03  | 5.32  | 3.93  | 83.5           | 116.3 | 129.6 | 114.4 | 84.4 |
|             | Mangyeong-A    | 9.08                            | 7.70                         | 3.07  | 4.79  | 2.49  | 0.82  | 84.8           | 33.8  | 52.7  | 27.4  | 9.1  |
|             | Jeonju-A       | 4.98                            | 4.61                         | 4.23  | 4.15  | 3.99  | 3.48  | 92.5           | 84.9  | 83.4  | 80.1  | 69.9 |
|             | Mangyeong-B    | 16.08                           | 13.73                        | 8.17  | 14.04 | 8.20  | 4.99  | 85.4           | 50.8  | 87.3  | 51.0  | 31.0 |
|             | Tapcheon-A     | 1.83                            | -                            | 0.36  | 0.34  | 0.27  | 0.28  | -              | 19.9  | 18.7  | 14.5  | 15.3 |
|             | Mangyeong-C    | 18.12                           | -                            | 8.79  | 14.31 | 8.50  | 5.30  | -              | 48.5  | 79.0  | 46.9  | 29.3 |
|             | Jeongueb-A     | 1.75                            | 3.17                         | 2.94  | 3.26  | 3.09  | 0.87  | 181.0          | 167.8 | 186.3 | 176.7 | 49.5 |
|             | Dongjin-A      | 4.10                            | 13.08                        | 19.42 | 17.85 | 12.43 | 1.55  | 319.0          | 473.8 | 435.3 | 303.2 | 37.9 |
|             | Gobu-A         | 2.05                            | -                            | 1.31  | 1.66  | 1.07  | 0.76  | -              | 63.8  | 81.1  | 52.0  | 37.1 |
|             | Wonpyeong-A    | 2.19                            | -                            | 1.12  | 1.06  | 0.72  | 0.38  | -              | 51.3  | 48.4  | 32.7  | 17.6 |
|             | Dongjin-B      | 6.47                            | -                            | 21.61 | 20.94 | 14.57 | 2.64  | -              | 334.0 | 323.6 | 225.2 | 40.8 |
| Average     |                | 20.80                           | 25.23                        | 20.97 | 22.19 | 16.43 | 10.58 | 123.2          | 111.2 | 121.9 | 90.9  | 54.8 |

법으로 전 관측기간 동안에 측정된 일유량자료(daily flow data)를 바탕으로 작성한 유황곡선법(Flow Duration Curve)이 있으며, 유황곡선은 하천 수계상의 어떤 지점에 대하여 하천유량의 가용 규모와 변동성을 파악하기 위한 수단이다(윤용남, 1998). 일유량자료를 기반으로 작성하는 일반적인 유황곡선과는 달리, 총량관리 유황측정자료는 8일 간격의 순간관측치(instantaneous observations)이므로 측정주기 및 측정횟수 등의 한계로 인하여 유황곡선을 작성하는데 제한적인 수밖에 없으며 해석상의 한계를 지니게 된다. 그러나 유량의 시간적 변화상태를 나타내는 수문곡선과 이 제한된 유황곡선을 연계하여 나타낸다면 유황 전반에 대한 정확한 해석은 어렵더라도 관측기간 동안의 특정유량에 대한 현황 파악 등 부분적인 유황해석은 가능하리라고 본다.

총량관리 단위유역에 대한 전 관측기간(5년 동안)의 유황을 파악하기 위하여 다음 Fig. 7과 같이 제한적 자료에 의한 유황곡선과 수문곡선을 연계한 유황·수문연계곡선을 작성하였다. 그림에서와 같이 2005년부터 2009년까지 5년 동안의 최대·최소유량의 크기 및 출현시기를 비롯하여 관측기간의 평균유량 및 중위유량까지 비교적 용이한 방법으로 파악할 수 있다. 그림에서 보는 바와 같이 갑천A 지점의 최대유량은 2009년 7월에 발생하였으며, 약 200 cms로 관측되었다. 5년 동안 관측된 유량자료에 대한 평균값은 약 17 cms로서 5년간 관측치 중 약 22%가 평균 이상의 유량을 나타내고 있다. 한편 중위유량값은 약 9 cms로서 평균 유량의 약 1/2 정도로 나타나고 있다.

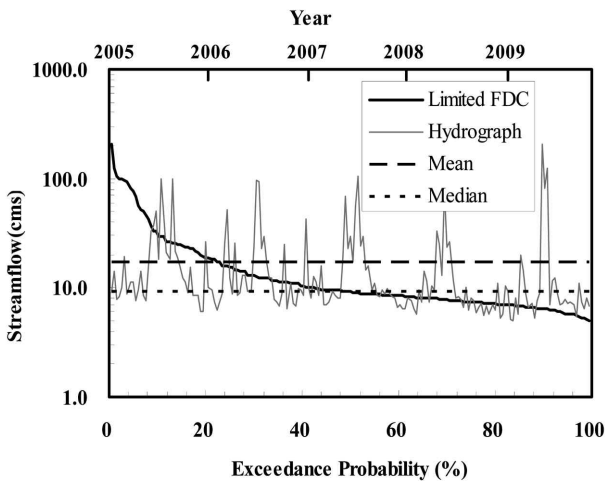


Fig. 7. Limited flow duration curve correlated with hydrograph (Gabccheon-A).

본 연구에서는 제한적인 유황곡선을 작성하여 이용하였으나 총량관리 단위유역의 유황분석을 원활하게 수행하기 위해서는 향후 별도의 연구를 통하여, 총량관리 유황자료를 기반으로 한 보완적인 유황곡선 작성방법이 개발되어야 할 것이다.

#### 4. 결론

총량관리 지역의 하천유량 변화는 단위유역 수질변동의

가장 중요한 요소 중의 하나이다. 단위유역별 목표수질을 설정하여 할당부하량을 관리하는 총량제 하에서는 하천에서 나타나고 있는 유량변화 특성을 고려함으로써 수계 전체적인 관점에서 볼 때 보다 합리적이고 효과적인 총량관리가 이루어질 수 있을 것이다.

본 연구에서는 금강수계를 대상으로 단위유역별 유량변화 특성을 분석하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

금강수계 단위유역의 유량분포 형태는 정규성이 잘 나타나지 않고 있으며, 본류구간의 실제유량은 평균적으로 약 80.1 cms 및 지류구간은 약 14.6 cms로 나타났다. 유량분포의 분산성은 본류구간의 금본A, 금본E, 금본F 및 금본K 지역에서 큰 것으로 나타났으며, 분산성이 가장 낮은 지역은 용담댐의 영향을 받고 있는 금본B 지역으로 나타났다. 지류구간에서는 초강A, 보청A, 미호A, 고부A 및 원평A 지역에서 분산성이 큰 것으로 나타났으며, 분산성이 작은 지역은 갑천A, 무심A 전주A 및 동진A 지역으로 나타났다.

단위유역별 계절이동에 따른 유량변화율은 본류구간에서는 금본A와 금본K 및 금본L 지역에서 높은 변화율을 나타내고 있으며, 지류구간에서는 초강A, 보청A 및 미호A 지역에서 높게 나타났다. 연도별 변화에 따른 유량변화율은 본류구간의 금본A, 금본F, 금본I, 금본J, 금본K 및 금본L 지역에서 높게 나타났으며, 지류구간에서는 전주A, 만경B, 탑천A, 만경C 고부A 및 원평A 지역에서 높게 나타났다.

총량관리 단위유역에 대한 전 측정기간 동안의 유황을 파악하기 위하여 제한적 유황곡선과 수문곡선을 연계한 유황·수문연계곡선을 작성하였으며, 이 곡선으로부터 최대 및 최소유량의 크기 및 출현시기를 비롯하여 전 관측기간의 평균유량 등을 용이하게 파악할 수 있었다.

이와 같은 단위유역별 유량변화 특성은 총량관리 목표수질 설정시 주요인자로 고려될 수 있다. 총량관리 단위유역의 유량규모가 작은 지역에서는 상대적으로 수체에 미치는 영향이 적으므로 이를 고려하여 목표수질을 설정할 필요가 있으며, 유량분포의 정규성이 잘 나타나지 않고 분산성이 큰 지역 또는 시간적 유량변동이 큰 지역에서는 그만큼 불확실성이 증가하여 목표수질 관리에 어려움이 있으므로 이를 고려하여 총량관리 목표수질을 보다 안정적으로 달성할 수 있는 방안을 강구하여야 할 것이다.

#### 참고문헌

강두기, 강순구, 김상단, 신현석(2007). 오염총량평가를 위한 부하지속곡선의 개발 및 적용. *한국수자원학회 학술발표회 논문집*, 한국수자원학회, pp. 652-656.

건설교통부(2004). *수문관측 매뉴얼*.

국립환경과학원(2009). *수질오염총량관리 단위유역 유황측정자료*.

김상단, 강두기, 김문수, 신현석(2007). 유역모형 구축을 위한 8일간격 유황측정자료의 일유량 확장 가능성. *수질보전 한국물환경학회지*, 23(1), pp. 64-71.

김재철, 김상단(2007). 오염총량관리 유황측정자료를 이용한 낙동강 유역 유황분석. *수질보전 한국물환경학회지*, 23(3), pp. 332-338.

- 김종건, 박윤식, 장원석, 유동선, 신동석, 임경재(2009). 수질 오염총량관리제도 단위유역의 최적관리 기법 개발을 위한 Web GIS 기반의 오염 부하지속곡선 시스템의 적용 및 평가. *한국물환경학회·대한상하수도학회 2009 공동총회 학술발표회 논문집*, 한국물환경학회·대한상하수도학회, pp. 429-430.
- 박준대, 김진이, 류덕희, 정동일(2010). 수질오염총량관리 단위유역 수질변화 유형분석-낙동강수계를 대상으로-. *수질보전 한국물환경학회지*, **26**(2), pp. 279-288.
- 윤용남(1998). *공업수문학*, 청문각.
- 이진원, 김형섭, 우효섭(1993). 댐건설로 인한 5대수계 분류의 유량변화 분석. *대한토목학회논문집*, **13**(3), pp. 79-91.
- 한수희, 신현석, 김상단(2007). 낙동강 유역관리를 위한 부하량 유향곡선의 적용 가능성. *수질보전 한국물환경학회지*, **23**(5), pp. 620-627.
- 환경부(2002a). *금강수계 목표수질 설정 수계구간 및 유역* (환경부고시 제2002-182호).
- 환경부(2002b). *제1 단계 금강수계 오염총량관리 기본방침*.
- 환경부(2007). *제2 단계 금강수계 오염총량관리 기본방침*.
- 환경부(2009). *수질오염총량관리를 위한 목표수질/유량측정 사업 통합운영지침*.
- 황하선, 윤춘경, 김지태(2010). 수질오염총량 단위유역의 유량조건별 수체 손상 평가를 위한 부하지속곡선 적용성 연구. *수질보전 한국물환경학회지*, **26**(6), pp. 903-909.