



한강하류 오염부하의 유출특성

Runoff Characteristics of Pollutant Loads of the Lower Han River

유호식*

Ho-Sik Yoo*

경기대학교 환경에너지시스템공학과

(2012년 3월19일 접수; 2012년 6월9일 수정; 2012년 6월11일 채택)

Abstract

Runoff characteristics of pollutant loads of the lower Han River was studied before full implementation of Total Pollution Load Management System(TPLMS). Magnitude of macroscopic(annual) fluctuation was in the order of Namhan River > Han River > Bukhan River, gross weight TP > gross weight TN > gross weight BOD, gross weight deviation > concentration deviation. Flux variation was higher than that of concentration. Microscopic(weekly) fluctuation showed similar pattern to macroscopic scale. TP showed the highest deviation resulting in the lowest reliability. 60% of annual flux passed during summer 3months resulting in 43-46% pass of gross weight at the lower Han River. Strong correlation was found between flux and gross weight especially in gross weight TN. Gross weight pollution increased as high as 400% while passing Seoul area due to the concentration. The deviation from moving average increased during summer season in the gross weight TP and BOD. Seasonal tendency was confirmed especially in gross weight TN and TP using autocorrelation function.

Key words : Runoff characteristics, pollutant loads, Lower Han river, gross weight

주제어: 유출특성, 오염부하, 한강하류, 총량

1. 서론

하천수질이 기존의 배출농도규제 방식으로 개선되지 못하면서 수질오염총량관리제가 도입되고 있다. 농도규제는 배출허용기준이하 오폐수의 양적팽창에 무력할 수밖에 없으므로 당연히 총량제가 대안으로 고려되는 것이다. 이러한 추세변화에 대비하여 총량제 본격시행 전에 한강하류의 현재 오염부하양상을 파악해둘 필요가 있다. 추후 총량제 전면 실시 후의 결과와 비교

해 보는 것은 한강 및 서해연안의 수질관리에 중요한 과제가 될 것이기 때문이다. 연구를 위한 환경도 조성되었다. 기존의 수질측정은 월 1회(주요지점은 4회) 실시되었으며 유량측정은 측정지점, 측정시기, 측정기관이 수질과는 별도로 수행되어 왔다. 그러나 총량제를 위해 '수질측정망운영계획'(환경부, 2008)에서는 수질과 수량을 연계하여 동시에 연간 30회 이상 측정하는 것을 원칙으로 정하였다. 측정지점에 따라서는 이미 2004년부터 동시측정이 이루어지고 있어 오

염부하량 계산이 가능하다. 측정간격 역시 획기적으로 짧아져서 자료의 정확도와 신뢰도가 향상 되었다.

이 연구에서는 서해안으로 배출되는 한강의 오염부하총량이 어떻게 변화하며 그 특성은 어떠한지 알아보고자 하였다. 북한강과 남한강을 비롯한 한강전체에는 그동안 많은 수질오염방지 대책이 시행되어 왔다. 이러한 대책들이 출구에 해당하는 한강하류에 와서는 어떤 결과를 가져왔는지를 살펴보는 것은 흥미 있는 일이다. 비점오염원에 의한 오염부하는 강수량에 따른 하천유량의 영향을 받는데 한강하류에서는 어떠한 양상을 보이는 지 알아보는 것도 본 연구의 관심사이다. 농도와 유량의 오염부하에 대한 상관관계도 파악하여 어떤 요소가 주도적인 역할을 하는지도 알아 볼 것이다. 부하량의 편차(변동성)도 연구대상이다. 변동성은 실제 수질의 시계열 변화와 측정시의 편차를 포함한다. 본 연구는 수질 및 수량의 실측치로 장기간에 걸친 기술적 분석을 함으로써 농도와 총량에서의 편차의 특성과 경향을 알아보고자 한다. 농도변동성과 유량변동성을 비교하면 부하변동성에 대한 상대적 기여도를 알 수 있게 된다. 다년간의 자료분석은 연도별비교도 가능케 할 것이다. 또한 계절적 특성은 어떻게 나타나는지를 보기 위해 통계적 분석도 시도하였다. 수질항목으로는 유기오염과 관계가 깊은 BOD, TN, TP를 선택하여 인구 밀집지역을 통과하는 한강의 특성을 반영하고자 하였다. 이 연구는 이미 부분적으로 시행되고 있으며 조만간 전면실시를 앞두고 있는 한강의 수질오염총량관리제에 앞서 사전조사 성

격을 갖고 있다.

그동안 하천의 수질에 관한 연구는 흔히 행하여져 왔으며 수질예측을 위한 수학적모델도 많이 개발되어 있다. 그러나 수질오염총량제는 도입된 지도 몇 년 되지 않은 데다 한강유역에는 이제야 부분적으로 도입되고 있다. 따라서 오염농도가 아닌 오염부하 계산을 위한 실측자료는 축적이 충분치 않은 상태이다. 한강상류 지역에서 소규모로 비점오염원에 적용을 시도했으나 광범위한 자료로 한강하류지역에 적용한 예는 없다(박 등,2009). 한강하류에서 오염부하 관련 연구가 있었으나 결측구간에서의 자료추정 기법에 치중되었다(조 등,2007). 그 외에도 유량과 비점오염원의 수질에 대한 계절적 효과 연구가 있었고(한 등,2009), 팔당호의 영양염류 변동추세를 장기적으로 분석한 연구도 있었다(장 등,2009). 이러한 모든 연구도 한강하류의 오염부하에 관한 것은 다루지 않고 있어서 관련된 연구가 거의 전무한 실정이다.

2. 연구내용 및 방법

연구대상하천으로 한강을 선택하였다. 북한강과 남한강을 포함하여 한강에는 총 334개의 수질측정지점이 있으며 이중 49개는 총량측정 지점이어서 수질과 유량이 동시에 측정되어진다(환경부,2007). 이 연구에서 선정한 측정지점은 Table 1과 같다. 총량측정지점 중 되도록 하류 그리고 자료가 3년 치 이상 누적된 지점을 우선 하였으며 북한강과 남한강에서 한 지점씩 그리고 한강하류의 연속된 네 지점을 선정하였다.

Table 1. The location of sampling sites

측정망 명칭	측정망 주소	위치좌표 (경도)	위치좌표 (위도)	하천명	측정시작연도
북한C	강원도 춘천시 서면 안보리 춘성대교	127-33-16°	37-50-35°	북한강	2004년 11월
한강E	경기도 여주군 금사면 이포리 이포대교	127-32-32°	37-23-56°	남한강	2004년 11월
한강F	경기도 여주군 금사면 이포리 이포대교	127-14-27°	37-32-39°	한강	2004년 8월
한강G	서울시 강동구 천호동 광진교	127-06-49°	37-32-33°	한강	2006년 4월
한강H	서울시 용산구 이촌동 한강대교	126-57-38°	37-30-54°	한강	2007년 5월
한강I	경기도 고양시 덕양구 행주외동 행주대교	126-48-53°	37-35-53°	한강	2007년 5월

수질지표로는 3개 항목을 선정하였는데 BOD, TN, TP로 모두 유기물오염과 관계된 것으로 수도권 지역의 오염현황을 적절히 나타낼 것으로 예상된다. 지점마다 한 달에 3-5회 측정되며(연간 30회 이상), 통계분석을 위해서는 SAS 9.3이 사용되었다(SAS Institute, 2011).

상관분석을 위해서 피어슨의 상관계수를 사용하였고 계절성 파악을 위해서는 자기상관함수를 사용하였다(오 등, 2000). Z_t 를 t의 시점에서의 값이라고 하고 t는 일정한 평균 $E(Z_t) = \mu$ 와 분산 $Var(Z_t) = \sigma^2$ 을 가지며 공분산 $Cov(Z_t, Z_{t+k})$ 는 시차 k의 함수가 된다. 즉 Z_t 와 Z_{t+k} 의 자기공분산은 식 (2)와 같다.

(2)

$$r_k = Cov(Z_t, Z_{t+k}) = E(Z_t - \mu)(Z_{t+k} - \mu)$$

한편 Z_t 와 Z_{t+k} 의 상관계수는 식 (3)과 같다.

(3)

$$\rho_k = \frac{Cov(Z_t, Z_{t+k})}{\sqrt{Var(Z_t)}\sqrt{Var(Z_{t+k})}} = \frac{r_k}{r_0}$$

여기서 $Var(Z_t) = Var(Z_{t+k}) = r_0$ 이고, r_k 는 k의 함수이므로 자기공분산함수(autocovariance function)라 하고, ρ_k 는 자기상관함수(autocorrelation function)라고 한다. 왜냐하면 단지 k시차로 분리된, 같은 과정에서의 Z_t 와 Z_{t+k} 사이의 공분산과 상관을 나타내기 때문이다. 즉, 1개월 단위의 시계열자료를 분석했을 때 시차 12가 큰 자기상관함수 값이 나왔다는 것은 12개월 주기로 강한 상관을 나타낸다는 뜻이다. 매년 같은 월들끼리 상관관계가 높다는 즉, 계절성이 있다는 것이다.

마지막으로 유량과 수질항목들의 편차분석을 위해 연속된 3개 측정치의 이동평균(moving average)을 사용한다. 해당 측정점과 앞뒤 1개씩의 3개치 평균을 편차가 발생하지 않았을 때의 해당 측정치의 수질 예상치(평균치)로 가정하고 그것과 실측치와의 차이를 편차로 계산한다. 본 연구에서 사용하는 편차(deviation)라는 용어는

정규화과정을 거친 것으로 부호가 없이 크기만을 가지는 절대값으로 정의하며 백분율(%)로 표시한다. 이동평균으로부터의 편차는 임의의 시점에서 측정된 수질 및 유량은 다음시기에 측정시 ± 해당 백분율만큼의 변동가능성 또는 신뢰도를 나타낼 것이다.

3. 결과 및 고찰

3.1 항목별 변동성

수질이나 총량을 나타내는 평균수치 자체의 크고 작음이 물론 수계의 상태를 표현하는 1차적 기준이 되겠으나 그 수치의 변동성도 수계의 중요한 특징이 될 것이다. 연평균을 중심으로 월 평균들의 변동성, 지점마다 한 달에 3-5회 측정하는데 전후 회차 측정치와의 변동성, 이렇게 두 가지 변동성을 조사해 보았다. 북한강, 남한강을 비롯한 한강의 총량측정치점 중 되도록 하류 쪽을 택하려 했으나 2005년부터 자료가 누락된 지점을 우선하였다. 북한강(춘천시 춘성대교), 남한강(여주군 이포대교), 한강(남양주시 팔당대교)의 자료를 사용하였다(Table 1 참조). 세 지점의 6년 간 (2005.1-2010.12) 총 평균과 월별평균치를 구하여 Fig. 1에 비교하여 보았다. 최대 평균월과 최소 평균 월의 차이를 총 평균치에 대비하여 백분율로 표시하였으므로 항목들 간의 상대적 비교도 어느 정도는 가능하다. 거시적(연중)변동성의 크기는 총량기준으로 다음과 같다.

남한강 > 한강 > 북한강
총량TP > 총량TN > 총량BOD
총량변동성 > 농도변동성

유량변동이 농도보다 심하여 총량변동도 어느 정도 커지는 것을 볼 수 있었다. 특히 남한강의 경우는 유량변동이 연중 10배 이상 이어서 총량변동 모두를 지배하고 있었다. 다음에는 월 평균을 이용하지 않고 측정치(월3-5회)마다의

편차를 보기위해 이동평균을 이용하였다. 6년간의 자료가 가진 편차 규모를 도식화하면 Fig. 2와 같으며 그림에 나타난 대략적인 편차 순서는 다음과 같다. 미시적(측정치 사이의, 대략 일주일) 변동성을 보여주는 Fig. 2는 총량BOD와 총량TN의 자리바꿈 외에는 거시적변동성과 동일한 결과를 나타낸다.

남한강 > 한강 > 북한강
총량TP > 총량BOD > 총량TN
총량변동성 > 농도변동성

일주일정도 간격의 측정치로 본 이러한 순서는 우연한 변동성도 포함된 순서이므로, 분석의 재현성과 분석오차를 포함한 모든 변동성을 감안하는 측정치의 신뢰도 순서로 판단된다. TP의 경우에 농도와 총량 모두 변동성이 가장 큰데, 거시적(연중), 미시적(주간) 변동성 역시 다른 수질지표보다 커서 자료의 신뢰도는 가장 낮다고 결론내릴 수 있다.

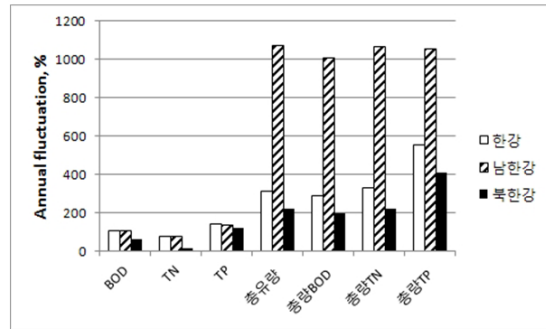


Fig. 1. Annual fluctuation of water quality parameters

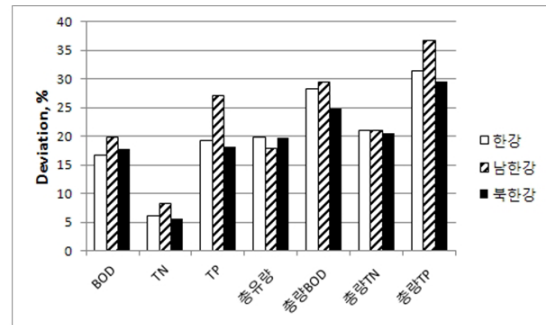


Fig. 2. Deviations of water quality parameters

Table 2. Monthly water quality (2008-2010, Haengju bridge)

월별평균	BOD(mg/L)	TN(mg/L)	TP(mg/L)	총유량(m ³ /s)	총량BOD(t/day)	총량TN(t/day)	총량TP(t/day)
1월	5.28	8.95	0.53	171	76.5	313.0	7.6
2월	6.33	8.68	0.48	204	113.7	153.0	8.3
3월	6.65	6.99	0.38	314	170.8	177.0	9.2
4월	6.22	6.85	0.45	310	163.8	163.3	10.4
5월	4.97	5.63	0.39	349	139.9	153.0	9.9
6월	3.70	4.48	0.34	407	125.4	157.0	12.0
7월	3.45	4.06	0.28	1,512	357.2	461.3	32.4
8월	2.11	2.76	0.17	1,425	275.7	322.7	21.5
9월	2.86	4.42	0.25	750	126.4	214.2	11.0
10월	4.09	6.74	0.36	226	70.7	119.3	6.1
11월	4.88	7.84	0.45	202	82.3	132.8	7.4
12월	3.75	7.30	0.42	177	55.7	110.0	6.3
여름철비중(7-9월), %				61.0	43.2	43.5	45.6
연중월변동폭, %	100.4	99.3	94.7	266.0	205.8	183.7	221.4

Table 3. Annual water quality (2008-2010, Haengju bridge)

연평균	BOD(mg/L)	TN(mg/L)	TP(mg/L)	총유량(m ³ /s)	총량BOD(t/day)	총량TN(t/day)	총량TP(t/day)
2008년	4.83	6.48	0.49	494	146.4	205.9	15.9
2009년	4.73	6.78	0.38	496	156.7	176.8	10.7
2010년	4.02	5.41	0.26	522	136.5	190.9	8.9

Table 4. Annual water quality (2005-2010, Paldang bridge)

연평균	BOD(mg/L)	TN(mg/L)	TP(mg/L)	총유량(m ³ /s)	총량BOD(t/day)	총량TN(t/day)	총량TP(t/day)
2005년	1.42	2.16	0.0348	691.9	83.7	133.5	4.91
2006년	1.55	2.59	0.0530	577.5	54.0	109.3	6.29
2007년	1.30	2.39	0.0522	583.1	52.7	113.4	3.54
2008년	1.47	1.94	0.0440	445.8	46.4	78.4	2.91
2009년	1.51	1.86	0.0392	460.6	56.2	75.2	3.81
2010년	1.22	2.25	0.0323	462.4	43.8	91.0	1.86

Table 2,3에는 최하류지점 행주대교의 자료를 정리하였다. 2007년 5월에 자료축적이 시작 되었으므로 2008년부터의 자료를 이용하였다. 월별로 3-5회 정도 자료수집이 되므로 월별로 평균을 구하고 다시 연평균을 구하였다. 여름철 홍수기에 농도는 희석되는 효과를 볼 수 있으나 총량은 증가하고 있으며 연중 변동 폭이 농도보다 2배정도 커지는 것으로 판단된다. 여름3개월 간 일년 유량의 60%정도가 통과하는 효과로 총량으로는 43-46%가 통과하고 있으므로 서해로 유출되는 영양물질 관리를 위해서는 이점이 필히 고려되어야 할 것이다. 연도별동향을 길게 보기 위해 6년 치의 자료가 존재하는 팔당대교

지점도 살펴보았다. Table 3,4를 보면 행주대교와 팔당대교 두 지점 모두에서 점차 개선되는 경향을 보여 긍정적이었으며 개선율은 총량TP에서 가장 양호했다.

유량의 변동에 총량자료가 비례하는 것이 앞에서 관찰되었는데 비례정도를 보기위해 상관계수를 조사해 보았다. Table 5에는 팔당대교지점에서의 상관관계를 나타내었다. 연도별과 월별로 나누어 보았는데 뚜렷한 추세는 없었다. 유량과 상관관계가 가장 높은 것은 총량TN으로 나타났다. 겨울철(12월,1월)의 상관수치는 비정상적인 경우가 보이는데 결빙으로 인한 부정확성으로 판단된다.

Table 5. Annual correlations to flux, (2005-2010, Paldang bridge)

연도별	총량BOD	총량TN	총량TP
2005년	0.945871	0.99217	0.93496
2006년	0.880068	0.99538	0.97487
2007년	0.778318	0.99158	0.96991
2008년	0.958140	0.99122	0.99041
2009년	0.930128	0.98758	0.92959
2010년	0.742329	0.99273	0.91375

월별	총량BOD	총량TN	총량TP
1월	0.702892	0.19275	0.57420
2월	0.798913	0.98467	0.69898
3월	0.830607	0.98322	0.66454
4월	0.716172	0.93331	0.55571
5월	0.905306	0.87607	0.80257
6월	0.934836	0.97211	0.88190
7월	0.845727	0.99014	0.93840
8월	0.871628	0.97029	0.91815
9월	0.923604	0.99535	0.93241
10월	0.833615	0.99224	0.92943
11월	0.830064	0.97190	0.20730
12월	0.816621	0.95118	-0.3883

3.2. 연속된 측정지점의 수질 연관성

거리가 멀지 않은 지점끼리는 수질연관성을 갖는 것이 당연한 것으로 판단된다. 동질의 하천수가 약간의 시간차이를 두고 경유하므로 지천의 합류 외에는 큰 변화요인이 없을 것이다. 한강하류의 연속된 측정지점은 팔당대교-광진교-한강대교-행주대교의 순으로 되어있다. 이들 4개 지점의 3년간(2008.1-2010.12) 총량자료로 상관분석을 하여 Table 6에 표시하였다. 3년 동안 측정일이 모두 동일하므로 상관관계를 조사하기에 적절한 것으로 판단된다. Table 6에 나타난 결과를 보면 상관관계의 순서가 총량TN > 총량TP > 총량BOD 로 되어 있는 것을 볼 수 있으며 전체적으로 상당히 높은 상관관계를 볼 수 있었다. 따라서 자료축적의 부족으로 행주대교대신 팔당대교의 자료를 이용해 분석한 결과가 본 연구에 포함되었지만 한강하류의 수

질동향을 분석 예측하는데 무리가 없을 것으로 판단된다.

Table 6. Correlations of consecutive sites

총량BOD	팔당대교	광진교	한강대교	행주대교
팔당대교	1			
광진교	0.901327	1		
한강대교	0.757976	0.669430	1	
행주대교	0.894697	0.802961	0.826608	1
총량TN				
팔당대교	1			
광진교	0.998512	1		
한강대교	0.948930	0.953606	1	
행주대교	0.933798	0.937486	0.988542	1
총량TP				
팔당대교	1			
광진교	0.99107	1		
한강대교	0.869796	0.879564	1	
행주대교	0.798622	0.812802	0.968071	1

Fig.3에는 네 지점 중 가장 상류인 팔당대교의 측정치를 100으로 간주할 때 나머지 지점들의 수치를 표시한 것으로 3년치 평균을 기준으로 하였다. 유량의 증가는 크지 않은데도 하류로 갈수록 총량오염치는 큰 폭으로 증가하고 있다. 총량TP > 총량BOD > 총량TN 순서로 최고 400% 이상의 증가를 보여주고 있는데 유량보다 농도상승이 주요인으로 나타난다. 서울 지역을 통과하며 오염물질 유입이 심해지는 것으로 추측된다.

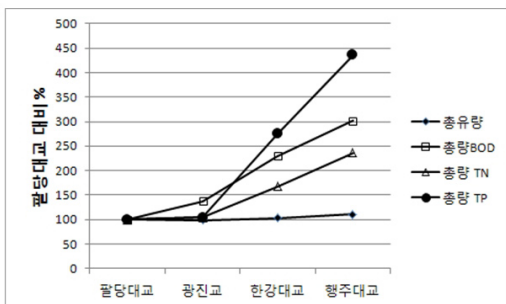


Fig. 3. Water quality parameters of consecutive sites

3.3. 월별 수질 변동성

Fig 4,5에 각각 팔당대교의 월별 변화를 나타내었다. 2005년부터 2010년까지 6년간의 월별

평균을 사용하였다. Fig 4,5를 보면 여름철에 유량증가로 인한 희석효과는 BOD에서 가장 뚜렷하게 보이며 결과적으로 TN과 TP는 총량기준으로 여름철의 상승이 BOD보다 두드러진다. 이동평균으로부터의 편차를 Fig. 6에 나타내었다. 편차(변동성)는 총량TP와 총량BOD에서 여름철에 커지고 농도기준 TN은 1월 결빙시를 제외하고는 1년 내내 낮은 변동성을 보이고 있다.

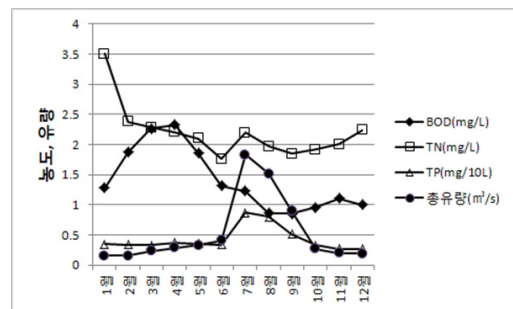


Fig. 4. Monthly fluctuation of concentration and flux, Paldang bridge

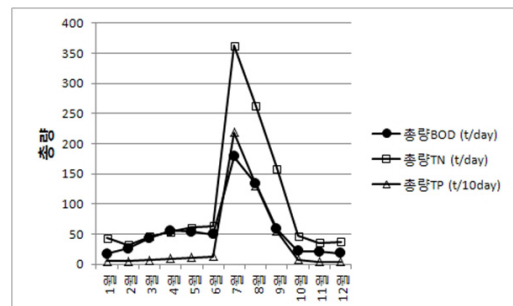


Fig. 5. Monthly fluctuation of gross weight, Paldang bridge

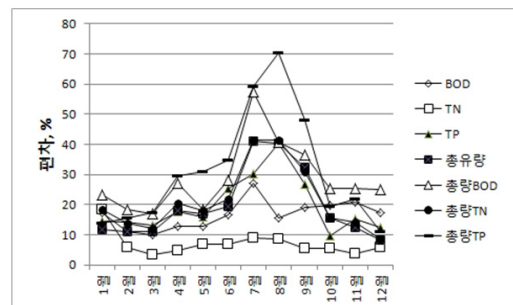


Fig. 6. Deviations from moving average

3.4. 계절성의 확인

수질의 계절성과 마찬가지로 총량기준으로도 계절성은 중요한 의미를 갖는다. 일년을 주기로

반복되는 하류에서의 유출특성은 연안수질에 큰 영향을 가지기 때문이다. 실제로 총량기준의 계절성을 확인하기 위해 통계적 검증이 필요하였다. 6년간의 자료에서 실제로 주기적 성향을 보였는지 확인을 해보았다. 팔당대교의 월별자료를 자기상관함수로 분석한 결과를 Fig. 7에 나타내었다.

수치 0을 중심으로 좌우에 찍어 놓은 점선을 벗어나면 유의한 값이다. 총량BOD에서는 12번째 시차부근에서 어느 정도 유의한 값이 나왔으며 총량TN과 총량TP에서는 그 성향이 더욱 뚜렷해졌다. 즉 시차 12의 자기상관이 크다는 것이다. 그리고 나머지의 시차에서의 값들은 시차

1을 제외하고는 대부분 유의하지 못하고 낮은 자기상관값들을 나타내고 있다. (시차 0에서는 값을 1로 한다) 월별자료(1년=12개월)를 사용하였으므로 일년주기로 계절성이 있음을 알 수 있다. 6년 치 자료로는 그 크기를 정량화할 수 없으나, 계절성은 확인할 수 있으므로 하류의 총량유출은 연단위의 관리가 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

수질오염총량관리제 본격시행 전에 한강하류의 오염부하총량이 어떻게 변화하며 그 특성은 어떠한지 알아보려고 하였다. 거시적(연중)변

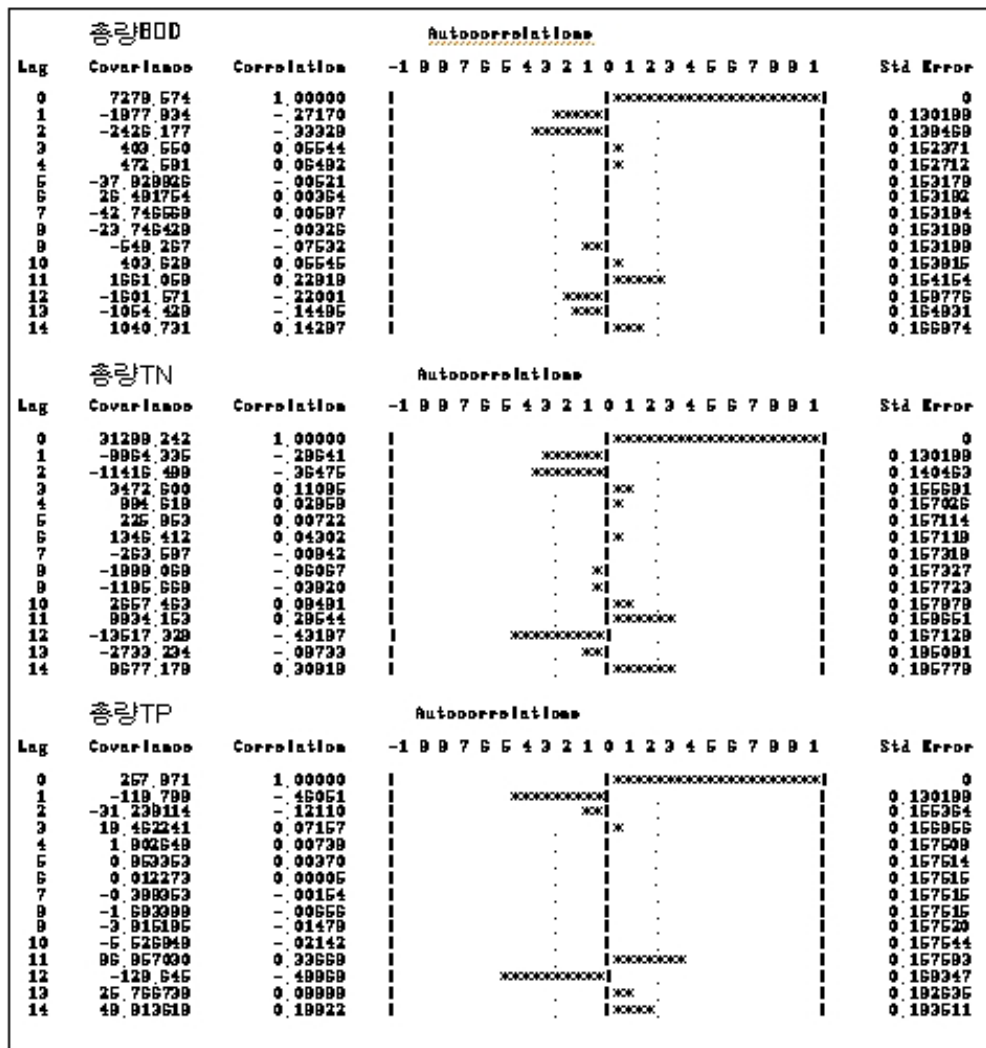


Fig. 7. Seasonal tendency

동성의 크기는 남한강 > 한강 > 북한강, 총량 TP > 총량TN > 총량BOD, 총량변동성 > 농도 변동성의 순서로 나타났다. 유량변동이 농도보다 심하여 총량변동도 어느 정도 커지는 것을 볼 수 있었다. 특히 남한강의 경우는 유량변동이 연중 10배 이상이어서 총량변동 모두를 지배하고 있었다. 미시적(주간) 변동성을 보기 위한 조사에서는 총량BOD와 총량TN의 자리바꿈 외에는 거시적변동성과 동일한 결과를 보였다. 이러한 순서는 우연한 변동성도 포함된 순서이므로, 분석의 재현성과 분석오차를 포함한 모든 변동성을 감안하는 측정치의 신뢰도 순서로 판단되었다. TP의 경우에 농도와 총량 모두 변동성이 가장 큰데, 거시적(연중), 미시적(주간) 변동성 역시 다른 수질지표보다 커서 자료의 신뢰도는 가장 낮다는 결론을 내릴 수 있었다. 최하류인 행주대교의 자료를 보면 여름철 홍수기에 농도는 희석되는 효과를 볼 수 있으나 총량은 증가하고 있으며 연중 변동폭이 농도보다 2배정도 커지는 것으로 판단되었다. 여름3개월간 일년 유량의 60%정도가 통과하는 효과로 총량으로는 43-46%가 통과하고 있으므로 서해로 유출되는 영양물질 관리를 위해서는 참고할 필요가 있었다. 6년 치의 자료가 존재하는 팔당대교 지점도 살펴보았는데 행주대교와 팔당대교 모두에서 점차 개선되는 경향을 보여 긍정적이었으며 개선율은 총량TP에서 가장 양호했다. 유량과 총량자료의 비례정도를 보기위해 상관계수를 조사해본 결과 상관관계가 가장 높은 것은 총량TN으로 나타났다.

연속된 측정지점들에서는 상관관계의 순서가 총량TN > 총량TP > 총량BOD 로 되어 있는 것을 볼 수 있었다. 전체적으로 상당히 높은 상관관계를 볼 수 있어서 자료축적의 부족으로 행주대교대신 팔당대교의 자료를 이용해도 무리가 없을 것으로 판단하였다. 서울 지역을 통과하며 유량의 증가는 크지 않은데도 하류로 갈수록 총량오염치는 큰 폭으로 증가하고 있었다. 총량

TP > 총량BOD > 총량TN 순서로 최고 400% 이상의 증가를 보여주고 있는데 유량보다 농도상승이 주요인으로 나타났다.

팔당대교의 월별 변화를 보면 여름철에 유량 증가로 인한 희석효과는 BOD에서 가장 뚜렷하게 보이며 결과적으로 TN과 TP는 총량기준으로 여름철의 상승이 BOD보다 두드러졌다. 이동평균으로부터의 편차는 총량TP와 총량BOD에서 여름철에 커지고 농도기준 TN은 1월 결빙시를 제외하고는 1년 내내 낮은 변동성을 보였다.

팔당대교의 월별자료를 자기상관함수로 분석한 결과 총량BOD에서는 12번째 시차부근에서 어느 정도 유의한 값이 나왔으며 총량TN과 총량TP에서는 그 성향이 더욱 뚜렷해져서 일년주기로 계절성이 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2010학년도 경기대학교 연구년 수혜로 연구되었음.

참고 문헌

- 환경부 (2008) 수질측정망운영계획, (환경부고시 제2008-8호, 2008. 1.18)
- 환경부 (2007) 수질오염총량관리제 고시훈령규정집
- 박수진, 최창호, 박재국, 최한규 (2009) 소양강 지류하천의 유량변동에 따른 비점오염물질 유출특성, 한국수자원학회 2009년도 학술발표회 초록집
- 조범준, 조홍연, 강성현 (2007) 수질자료 결측구간의 오염부하 추정기법 비교평가, 한국해양·해양공학회지 제19권 제1호 (2007년 2월) pp.45-56
- 한미덕 등 (2009) 하천수질의 계절적 변화에 미치는 유량과 토지이용의 영향, 한국물환경학회지, 25권 4호, pp. 539-546
- 장승현 등 (2009) 팔당호의 영양염류 장기변동 추세분석, 한국물환경학회지, 25권 2호, pp. 295-305
- SAS Institute (2011) SAS Enterprise guide 4.3
- 오광우, 이성덕, 이우리(2000) 시계열 분석, 탐진출판사, pp.96-119.