

論 文

한강수계 수질오염 자동측정망의 합리적인 측정지점 선정에 관한 조사연구 Site Evaluation of Automated Monitoring Networks in Han River

조용모* · 오정우**

Yong-Mo Cho · Jung-Woo Oh

Abstract

At present, automated monitoring of water quality in Han river has been operated at each water treatment plant. But the automated measurement sites must be choosen newly because water source in Seoul move to the upper stream of Chamshil weir. In this study, automated monitoring sites in Han river were reviewed, and the proper sites for automated monitoring of water quality have been selected by Qual2E model, RMA model, water sampling guideline, Sanders' method and topograpical characteristics of Han river in order to resonable operate. 8 sites have been selected as follows: ① the site of immediately after Paldang drainage ② the left site and a right site of Guui water intake ③ the left site and a right site at Noryangjin(Han river bridge) ④ the site between Shingok weir and Anyangchun confluence point(Hangju bridge) ⑤ the site of Chungryangchun downstream(existence) ⑥ the site of Tanchun downstream(existence) ⑦ the site of Anyangchun downstream(existence) ⑧ the site of Wangsukchun downstream. The results proposed resonable operating management of network and economical system built up.

1. 서 론

수질오염 측정망은 호소 및 하천 수질의 유지와 회복을 위한 효율적인 수질감시 및 수질관리 체계를 수립하기 위해 구축된다. 즉 수자원의 적절한 유지 및 보전은 수질관리의 적정한계를 유지함으로써 이루어지며, 수질관리의

효율성을 높이기 위해서는 수질오염 측정망의 체계확립과 더불어 측정 및 운영의 자동화가 중요하다. 1), 2), 3)

수질오염 자동측정망의 효과적인 구축을 위해서는 측정지점의 선정이 매우 중요한데 수질오염 자동측정망의 측정지점은 수질자동측정의 목적에 따라 우선순위를 주어 선정할 수 있다. 4), 5) 즉 상수원의 돌발적인 수질오염사고를 효과적으로 대처하고자 할 경우 및 수역의 수질을 효과적으로 관리하고자 할 경우, 공장폐수의 방류를 효과적으로 감시하고자 할 경우에 따라 측정지점의 선정은 달라질 수 있다.

* 서울시정개발연구원 도시환경연구부, 책임연구원

** 한국수자원공사 수자원연구소 상하수도연구팀, 연구원

본 연구의 범위는 서울시를 중심으로 한 팔당호이하의 한강을 대상으로 하였다. 즉 대상 범위에는 상수원 수역과 중랑천, 탄천 및 공장 밀집지역인 안양천의 합류지점을 중심으로 한 하류수역이 위치하고 있다. 따라서 본 연구에서는 상수원의 수질감시 및 하류 수역의 수질 관리에 대한 측정지점 선정을 주 대상으로 하였다.

II. 연구의 내용 및 방법

상수원의 돌발사고에 대비한 수질감시 및 하류수역의 생태계 보전을 위한 측정지점 즉 수질관리를 위한 측정지점 선정은 불의의 유해물질 유출사고에 대한 긴급대처, 수역의 점오염원과 비점오염원 및 오염부하량, 상수원의 취수량 및 급수인구, 하천의 유지용수량, 주요지천의 합류로 인한 수질의 급격한 변환점 등이 고려되어야 한다.⁶⁾ 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 방법을 이용하여 수질자동측정지점을 1차적으로 평가, 선정하였다.

- 1) Qual2E모형에 의한 측정지점 선정
 - 2) 평면 이차원 동적모형인 RMA모형에 의한 측정지점 선정
 - 3) 수질감시 및 시료 채취의 기본원칙에 의한 측정지점 선정
 - 4) Sanders방법에 의한 측정지점 선정
- 즉 생태계유지등 하류수역의 수질관리를 위하여 1), 2), 4)의 방법을 적용하였고, 상수원의 수질감시를 위하여는 3)의 방법이 사용되었다.

결론적으로 본 연구에서는 1차적으로 선정된 측정지점을 근거로 하여 현재 시설된 수질자동측정지점 및 하천의 지형 등 자연특성을 고려하여 합리적으로 측정지점을 선정하였다.

III. 각 모형전개에 의한 측정지점의 선정

1. Qual2E 모형에 의한 선정방법

본 연구에서는 먼저 한강의 점오염원과 비점오염원 및 오염부하량이 고려된 Qual2E 모형

에 의한 한강의 수질변화 상태를 살펴보고, 이에 따라 한강의 수질자동측정지점을 선정하였다.

팔당호에서 신곡수중보까지의 수질변화를 보면 팔당방류량 125CMS, 300CMS시 DO와 BOD를 Fig. 1~Fig. 2에 요약하였다. 즉 DO, BOD농도는 팔당호에서 잠실수중보까지는 비교적 큰 변화가 없는 것으로 나타나고 있다. 그러나 탄천과 중랑천이 합류되면서 수질이 나빠지고 있으며, 중랑천 합류후 한강대교까지는 현상태를 유지하는 것으로 나타나고 있고, 한강대교에서 안양천이 합류되기전까지는 약간 개선되거나 현 수질을 유지하는 것으로 나타났다. 또한 안양천이 합류되면서 한강의 수질은 크게 악화되고 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 Qual2E모형에 의해 현 수질상태와 2001년의 수질예측을 살펴본 결과 수질관리 목적을 위한 수질자동측정지점은 다음과 같이 네개 구간을 선정하였다.

① 팔당호에서 잠실수중보까지의 구간

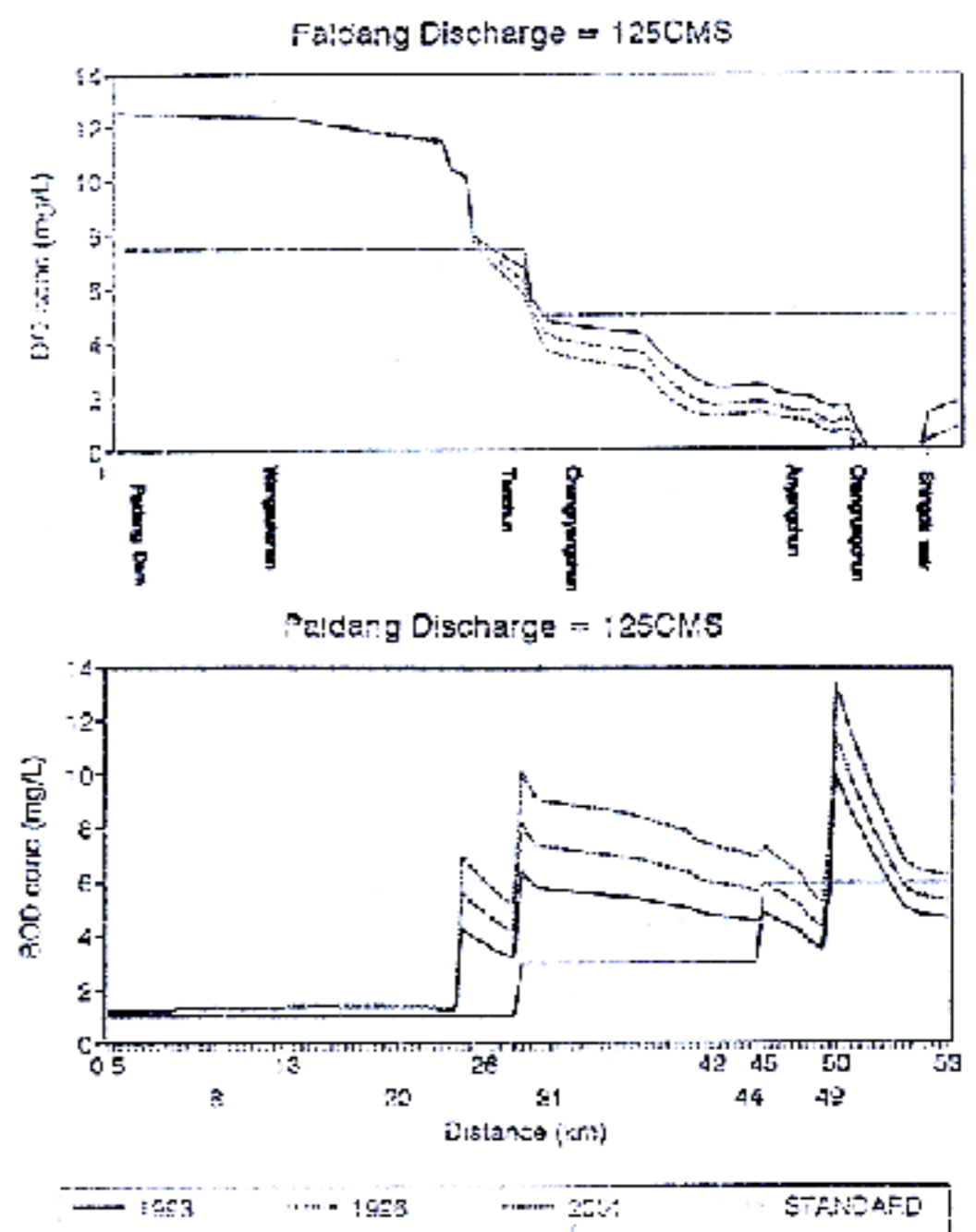


Fig. 1. Variations of DO and BOD (1993~2001)

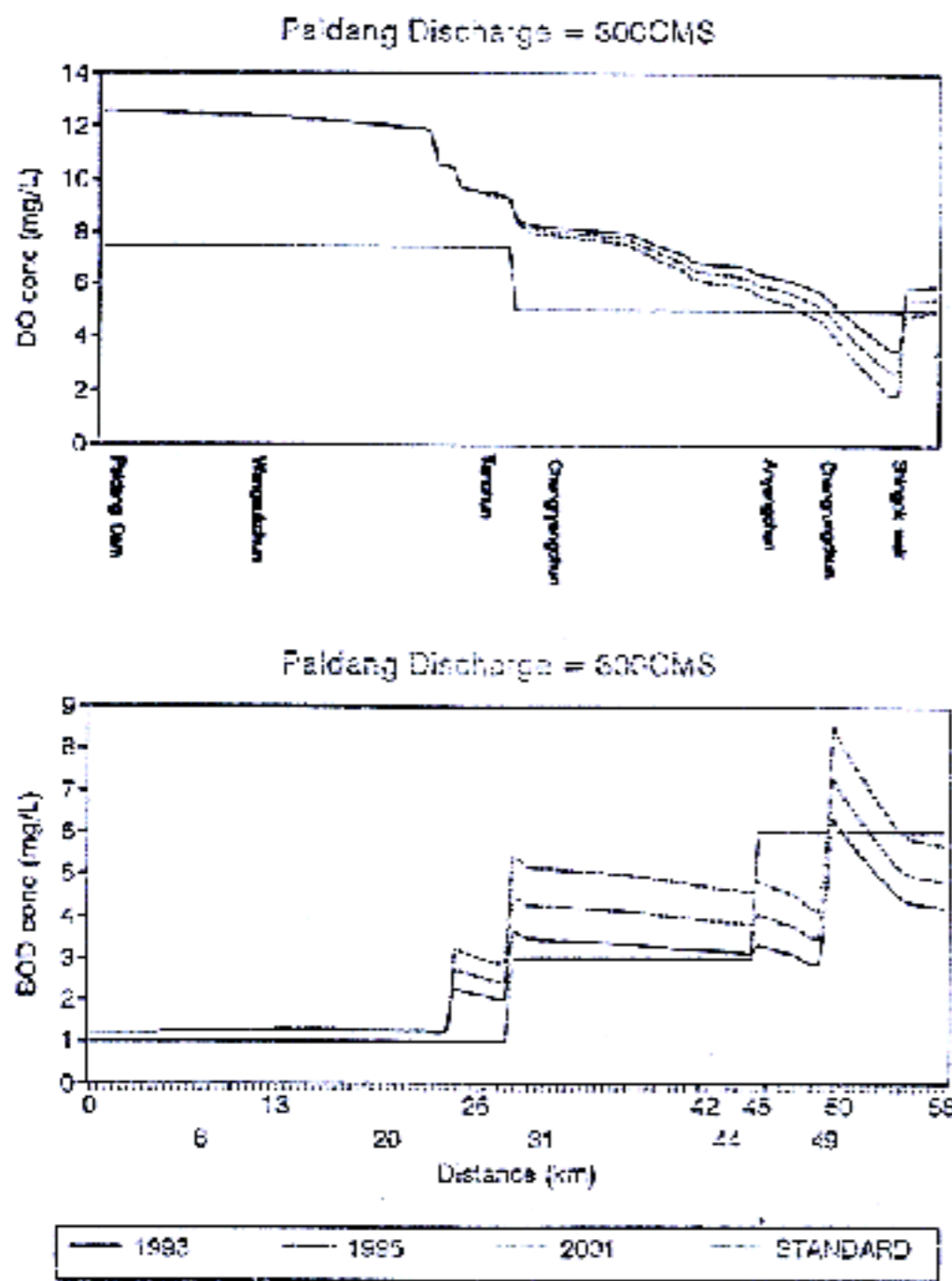


Fig. 2. Variations of DO and BOD (1993~2001)

- ② 삼실수중보에서 한강대교 구간
- ③ 한강대교에서 안양천 합류전 구간
- ④ 안양천 합류후 신평수중보 구간

2. 평면 이차원 동적모형인 RMA모형에 의한 측정지점 선정

Qual2E 모형에서는 각 계산요소의 수질이 완전히 혼합되어 균일한 것으로 가정하여 계산하였기 때문에 오염된 지천의 합류수역에서는 실제 현상을 반영하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 지천이 합류되는 수역에서 실제 현상을 반영할 수 있는 RMA 모형을 이용한 수질상태를 고려하여 수질자동측정지점을 선정하였다.

팔당방류량 125CMS, 300CMS시 RMA 모형을 이용한 중랑천 및 탄천의 합류부의 수질변화는 각각 Fig. 3, Fig. 4와 같다. 그림에서 보여주는 바와 같이 지천의 영향은 한강분류 좌안 또는 우안의 수질에 영향을 미친다. 따라서 지천이 합류되는 수역에서는 한강분류를 좌, 중, 우 지점으로 나누어서 수질을 측정하여야 할 것으로 판단하였다.

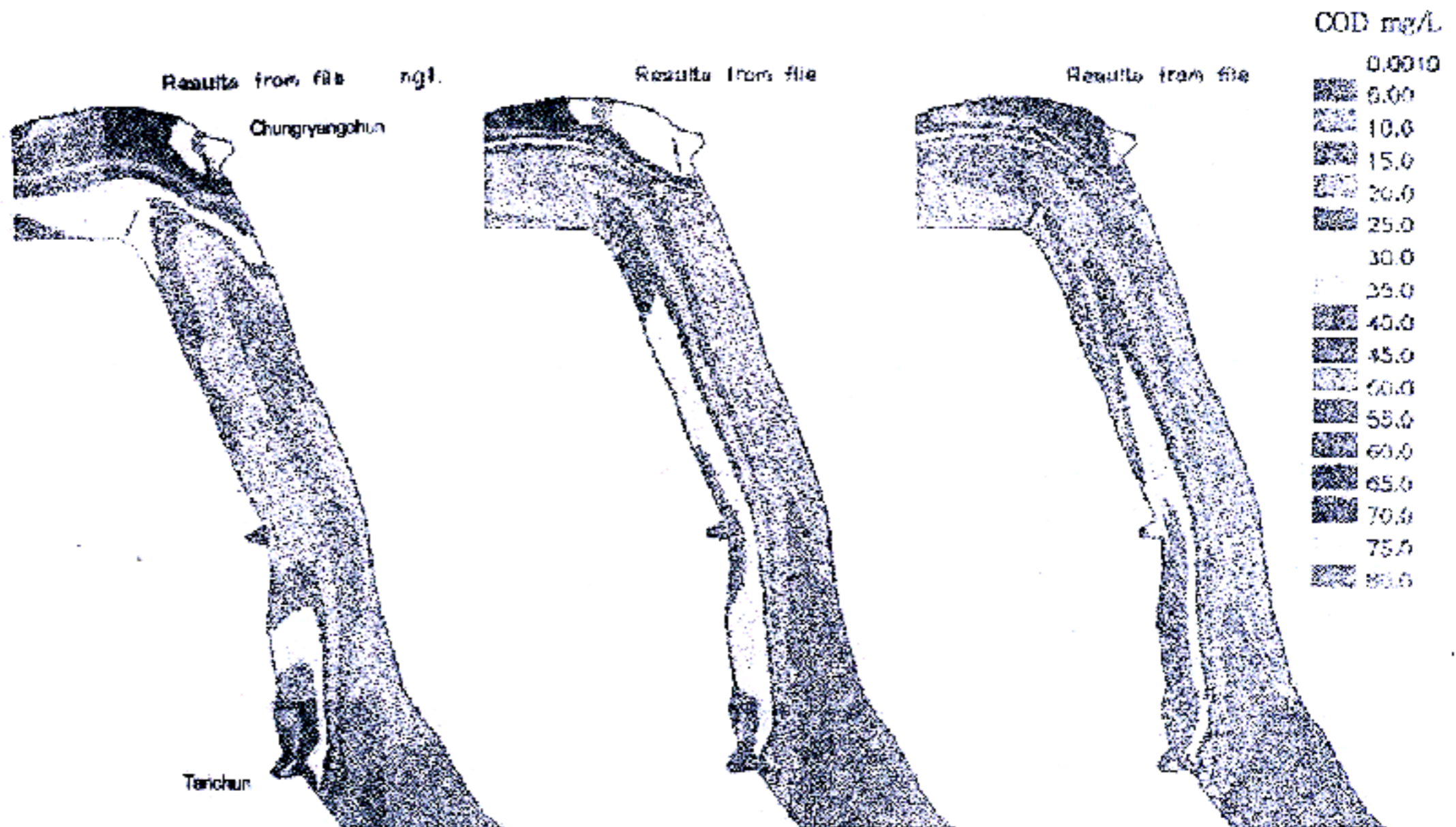


Fig. 3. Pollutant dispersion at Chungryangchun and Tanchun junction point in drought flow period (Paldang discharge=125CMS)

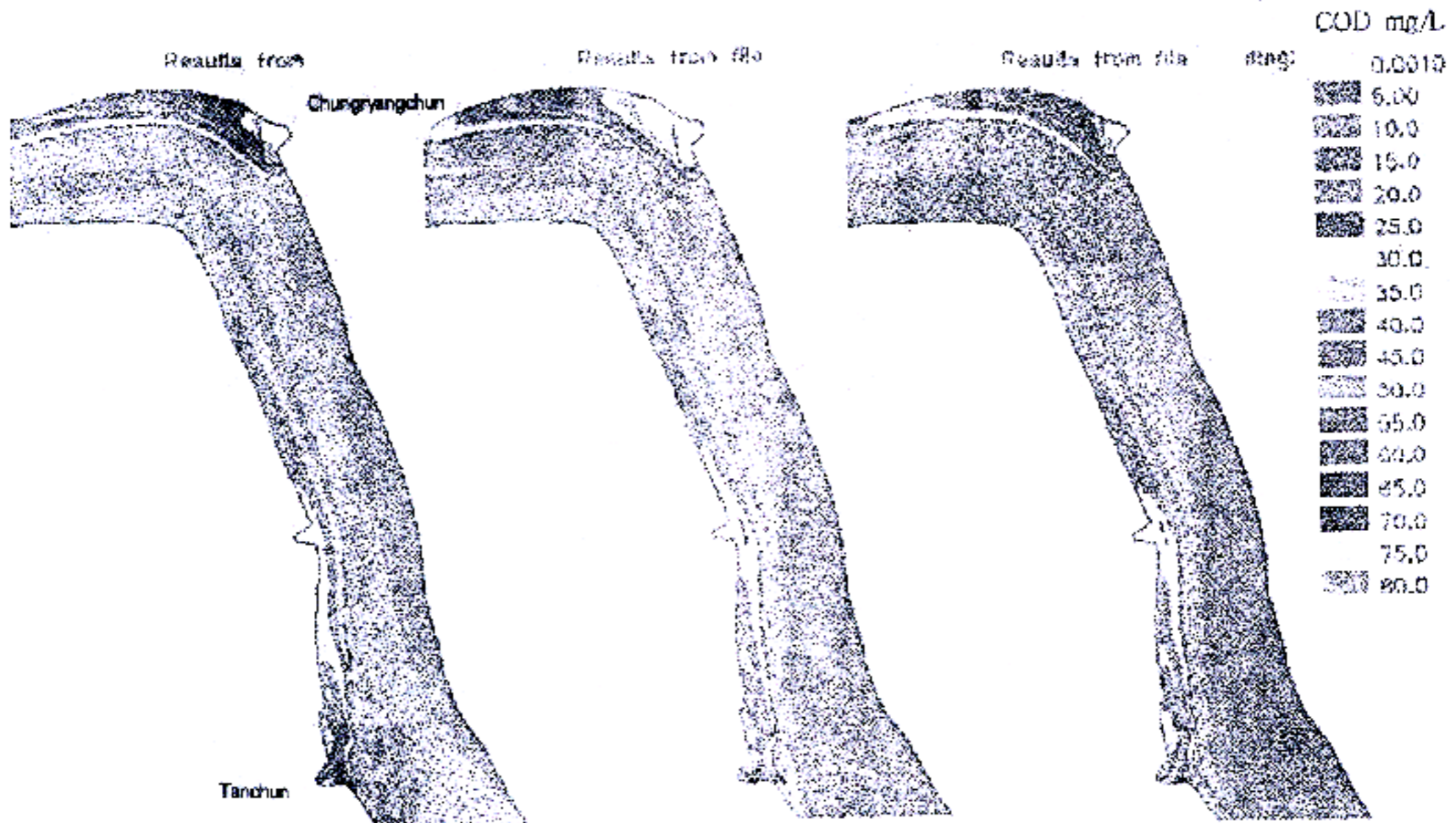


Fig. 4. Pollutant dispersion at Chungryangchun and Tanchun junction point in mean flow period (Paldang discharge=300CMS)

결론적으로 RMA 모형을 고려하여 선정된 한강의 수질자동측정지점은 다음과 같다.

- ① 왕숙천 합류수역에서 천호대교수역 사이의 구간중 좌, 중, 우지점,
- ② 잠실수중보 하류수역에서 한상대교수역 사이의 구간중 좌, 중, 우지점,
- ③ 안양천이 합류되는 수역 구간중 좌, 중, 우지점

3. 시료채취 및 수질감시의 기본원칙에 의한 측정지점 선정

하천수의 시료채취에 의한 측정지점의 선정은 다음과 같은 경우를 고려한다.

- (1) 하천수의 성상, 계절에 따른 강우량, 유량, 유속의 시간적 변동을 고려하여 채수지점별 물의 성질을 대표할 수 있는 지점
- (2) 하천의 지류수가 합류하는 경우에는 합류전의 각 지점과 합류이후 충분히 혼합된 지점,
- (3) 하천상류에 대규모 도시하수의 방류구, 축산단지, 공업단지가 조성된 경우

(4) 수질향상을 위하여 시급히 수질상태를 파악해야 할 필요가 있는 지점

(5) 양호한 수질상태 유지를 위하여 보존해야 할 지점

(6) 수질의 변화상태 및 오염추세를 파악하기 위한 지점

(7) 수체에 유입되는 오염물질 및 그 영향을 파악하기 위한 지점

(8) 담수와 해수의 혼합지점에서 담수의 오염부하량을 파악할 수 있는 지점

(9) 또한 상수원 수역의 수질감시를 위해 측정망을 설치할 지점은 돌발수질오염사고등에 의한 급격한 수질변동상황을 확인한 후 상수원 오염의 확산을 차단하는데 필요한 대응시간이 확보되는 위치에 설치되어야 한다. 따라서 수질감시를 위하여는 수질자동측정장치를 상류방향으로 오염물질의 유하거리 이상의 지점에 설치하여야 한다.

오염물질의 유하거리란 오염물질의 검출후 오염물질이 취수장에 도달하기 전에 취수장 유입수를 차단할 수 있는 충분한 시간이 확보될

Table 1. Automated monitoring sites by water sampling guideline

Selected sites	Applied guidelines	Note
Site of immediately after Paldang water discharge point	(1), (5), (6)	
Site before Wangsukchun confluence point	(2)	
Chunho bridge point	(2), (9)	
Site before Tanchun confluence point	(2)	
Site before Chungyangchun confluence point	(2)	
Site after Chungyangchun confluence point	(2)	
Han River bridge point	(2)	
Site before Anyangchun confluence point	(2)	
Site between Shingok weir and Anyangchun confluence point	(2)	
Total sites	nine sites	

수 있는 거리를 말하며 다음식과 같이 오염물질 도달시간과 수역의 유속에 의하여 결정된다.

오염물질의 유하거리 -

오염물질의 취수장 도달시간 × 수역 최대유속

여기서 오염물질의 취수장 도달시간은 자동 측정시간과 오염상황통보 및 유입수차단시간에 의하여 결정되므로 약 3시간이 소요되는 것으로 판단하고 있다. 즉 RMA모형을 이용하여 천호대교지점에서 불의의 유해물질사고시 모의발생한 결과 잠실수중보 상류의 취수원지점에 유해물질이 약 3시간후에 도달하여 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 따라서 수질감시 및 시료채취의 기본원칙에 의하여 선정된 수질자동 측정지점은 Table 1과 같이 팔당호의 방류직후 지점을 비롯한 9가지 지점이었다.

4. Sanders방법에 의한 측정지점 선정

Sanders방법은 하천의 수질오염 측정망을 지류의 수에 의해 비례적으로 배분하는 방식으로 배치하는 방법이다. 이 방법은 상류의 지류수에 따라 하천의 차수를 정하고, 이를 이용해 우선순위를 정하여 순차적으로 측정지점을 결정해 나가는 방법이다. 여기서 지류는 모두 각각 하나의 점오염원의 의미를 갖는다.

Sanders방법으로 선정한 측정지점은 Fig. 5

와 같이 최우선 측정지점으로 신곡수중보상류 지점이며, 두번째 측정지점은 노량진지점, 세번째 우선순위 측정지점은 구의취수원지점과 안양천 합류후 지점이다. 여기서 하천의 갈수시 건천화되거나 하천의 폭이 극히 좁아지는

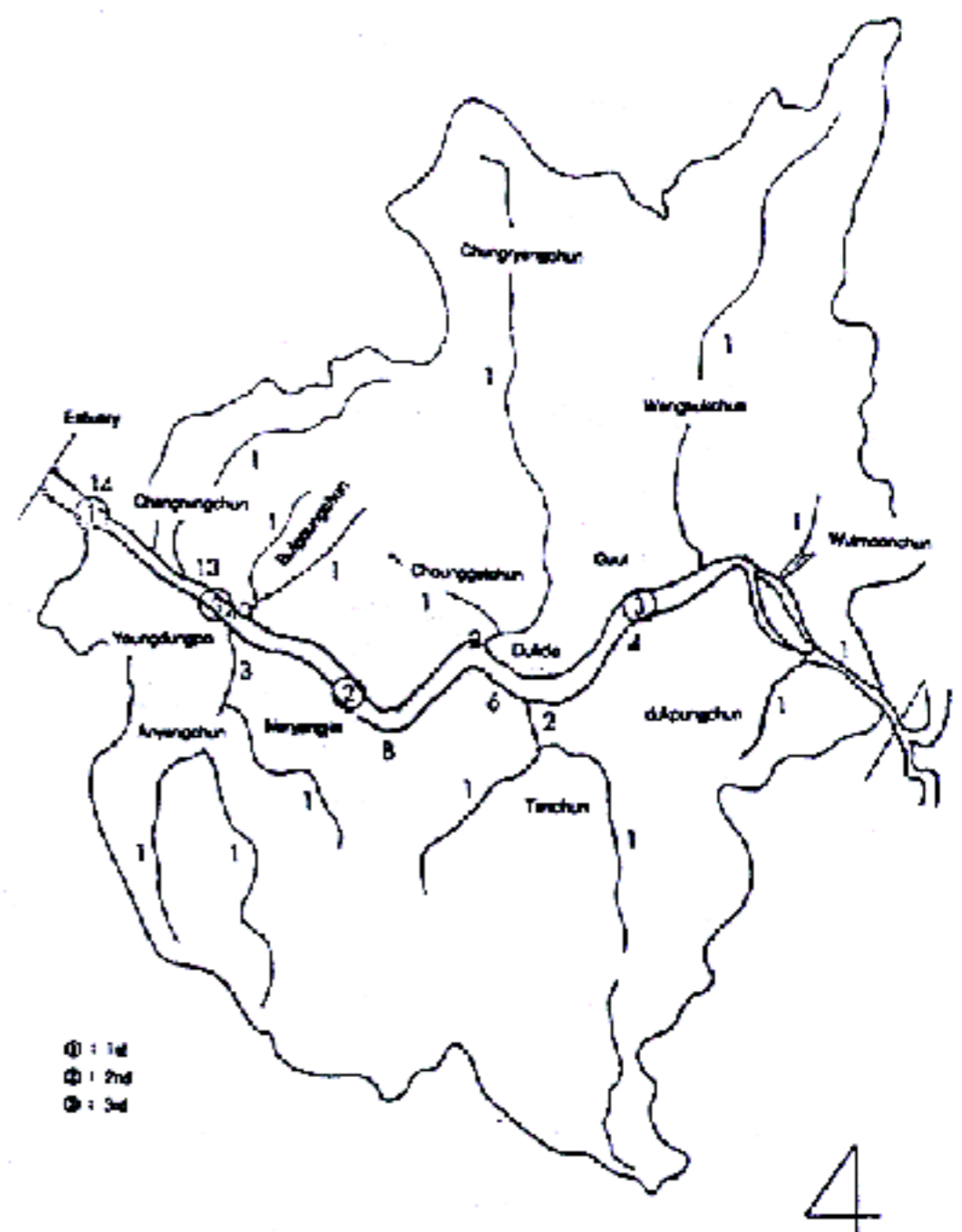


Fig. 5. Automated monitoring sites by Sanders' method

세악성 때문에 중랑천 등으로 유입하는 상류지류 등은 차수를 부여하지 않고 제외하였다. 즉 중랑천을 차수 1의 값을 갖는 것으로 보고 계산하였다.

IV. 합리적인 수질오염 자동측정망의 측정지점 선정

본 연구에서 수질오염 자동측정망의 측정지점은 앞서의 네가지 방법에 의해 선정된 측정지점과 현재 설치되어 있는 자동측정소의 지점을 고려하여 선정한다. 즉 4가지 방법으로 선정된 측정지점중 중복되는 측정지점과 하천의 지형등을 고려하여 합리적으로 선정된 수질오염 자동측정지점은 아래와 같이 팔당호 방류후 지점을 비롯한 8가지지점이였다. 이를 Fig. 6에 도식화 하였다.

① 팔당호 방류후의 지점.

② 구의취수장 지점의 좌, 우 또는 구의취수장과 암사취수장 지점.

③ 노량진지점(한강대교)의 좌, 우.

④ 안양천 합류후 신곡수종보사이(행주대교)의 지점.

⑤ 중랑천의 하류지점(현 수질자동측정소 위치).

⑥ 탄천의 하류지점(현 수질자동측정소 위치).

⑦ 안양천의 하류지점(현 수질자동측정소 위치).

⑧ 왕숙천의 하류지점.

1. 취수원 수역의 수질감시를 위한 측정지점 선정

취수원 수역의 수질감시를 위한 측정지점은 앞서 선정된 측정지점중 세지점이 해당된다.

① 팔당호의 식방류후 지점

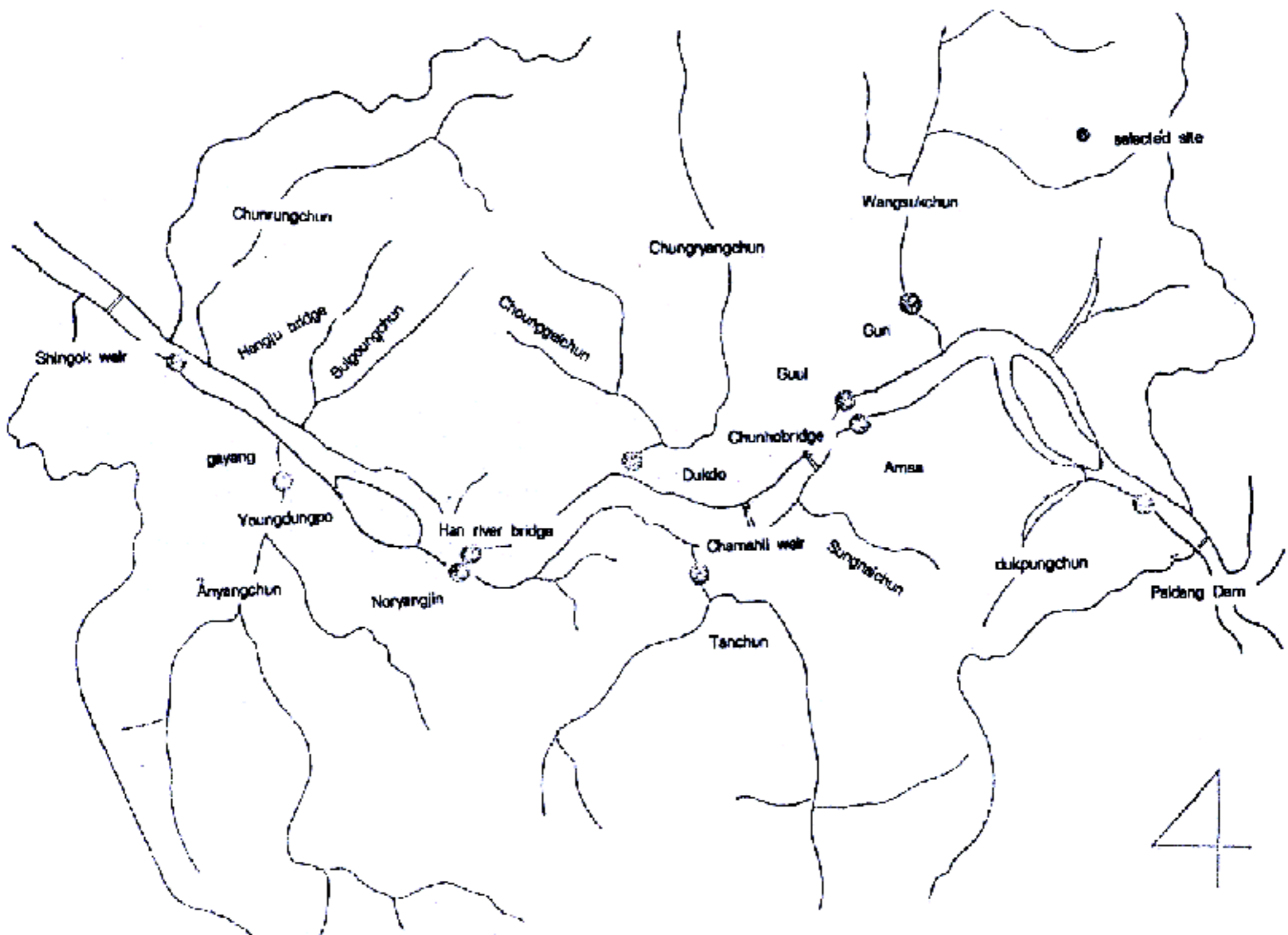


Fig. 6. Selection of reasonable automated monitoring sites

② 구의 취수장지점의 좌, 우(또는 구의취수장지점과 암사취수장지점)

③ 왕숙천 하류지점.

팔당호 직방류 지점의 측정망은 남양주시와 부읍에 건설될 강북정수장의 취수장에 그 위치를 정하면 합리적일 것으로 판단된다.

또한 기설치된 암사, 구의, 자양, 풍납 취수장의 수질자동측정소는 오염물질의 유하기리를 고려하여 구의정수장 취수원의 좌, 우지점(또는 구의위수장지점과 암사취수장지점)으로 통합되어야 하며, 또한 구의취수장의 수질자동측정소는 생물모니터링 시스템을 도입하여야 할 것이다. 왜냐하면 현재 수질오염 자동측정망은 제한된 수질측정항목을 가지고 있으며, 앞으로 유해화학물질이나 발암성물질, 농약물질 등이 더욱 광범위하게 이용될 것을 고려하면 생물모니터링시스템의 도입이 필수적이라고 판단된다.

2. 생태계보전 및 친수수역관리를 위한 측정지점 선정

생태계보전 및 친수수역관리를 위한 측정지점 선정을 보면 앞서 선정된 측정지점중 다음과 같은 지점들이 합리적이라 판단된다.

① 노량진지점(현 한강대교)의 좌, 우

② 안양천 합류후 신곡수중보사이(행주대교지점)의 지점

③ 탄천의 하류지점(현 수질자동측정소 위치)

④ 중랑천의 하류지점(현 수질자동측정소 위치)

⑤ 안양천의 하류지점(현 수질자동측정소 위치)

노량진의 좌, 우지점은 현재 한강대교에 설치되어 있는 수질자동측정소를 확대하여 설치하거나 현재 지점의 반대편 하안지점에 측정소 위치를 확보하여 설치할 수 있을 것이다. 또는 현 한강대교사이에는 증지도가 있으므로 증지도에 측정소의 부지를 확보하여 좌, 우지점을 선택할 수도 있을 것이다. 시료채취는 교량 밑으로 채수관을 설치하고 펌프를 이용하면 가능

할 것이다.

행주대교의 지점은 한강의 최남단에 위치하는 측정소로서 한강의 총오염물질이 모이는 지점으로 중요한 의미를 가지고 있다. 또한 한강의 조석간만에 의한 수질의 정체에 따른 현상이 나타나는 지점이다. 안양천합류후 신곡수중보사이 수역에 수질오염 자동측정소는 그 설치 위치를 확보하기가 비교적 어려운 현실을 감안할 경우 행주대교의 확장이 예정되어 있는 바행주대교의 확장시 나리 중앙 또는 인근에 수질자동측정소를 설치하여야 할 것이다.

탄천 및 중랑천, 안양천의 측정지점은 현재 비교적 잘 설치된 측정소가 있으므로 이를 이용하는 것이 바람직하다.

V. 결 론

한강의 수질오염 자동측정지점은 1차적으로 Qual2E모형 및 평면이차원모형인 RMA모형, 수질감시 및 시료채취의 기본원칙, Sanders방법에 의해 선정하였고, 2차적으로 이를 기설치된 자동측정망의 지점과 한강의 지형특성을 고려하여 다음과 같이 8개 지점으로 선정하였다.

① 팔당수 방류직후의 지점

② 구의 취수장지점의 좌, 우(강북과 강남)

③ 노량진지점(한강대교)의 좌, 우

④ 안양천합류후 신곡수중보사이(행주대교)의 좌, 중, 우

⑤ 중랑천의 하류지점(현 수질자동측정소)

⑥ 탄천의 하류지점(현 수질자동측정소)

⑦ 안양천의 하류지점(현 수질자동측정소)

⑧ 왕숙천의 하류지점

취수원의 수질감시를 위한 측정지점은 팔당수 방류직후지점과 구의취수장의 좌, 우지점, 왕숙천의 하류지점이다.

생태계 유지의 수질관리를 위한 측정지점은 노량진지점(한강대교)의 좌, 우와 안양천합류후 신곡수중보사이(행주대교)의 좌, 중, 우지점, 중랑천의 하류지점(현 수질자동측정소), 탄천의 하류지점(현 수질자동측정소), 안양천

의 하류지점(현 수질자동측정소)이다.

참고문헌

1. 환경부, 「수질자동측정망 구성 및 효율적 운영관리방안」, 1994.
2. 환경부, 「水質自動 모니터 維持管理 데이터 處理 매뉴얼」, 1994.
3. 矢部 昭, 「水の當時監視と測定法」, 公害對策技術同友會
4. 오경두, 「수질측정망 최적설계기법에 관하여 - 美 워싱턴주의 수질측정망 설계기법을 중심으로 -」, 韓國水文學會誌, 1989. 12.
5. Dennis P. Lettenmaier et al, "Design of Trend Monitoring Networks", Journal of The Environmental Engineering Division, 1977. 10.
6. 호소수질연구소, 「중합수질 자동측정시설 시범운영 결과보고」, 1994.
7. Douglas M. Bloem et als, "Automated Monitoring of Water Quality from Source Stream", AWWA, Technology Conference, pp 1341~1347. 1990.
8. Grimando et als, "Automatic Stations for Monitoring the Pollution in River - The case of the Paris regin alarm network", AWWA Technology Conference, pp 307~321. 1990.
9. Gerald van Belle, Hughes, J. P., "Monitoring for water quality: fixed ststions versus intensive surveys", JWPCF, Vol. 55(4), 400-404, 1983.
10. Graeme C. Dandy et al, "Water Quality Sampling Programs in Rivers", Journal of The Environmental Engineering Division, 1979. 8.
11. Lottis, J. C., and R. C. Ward., "Water quality monitoring - some practical sampling frequency considerations", Environmental Management, 4(6): 521-526, 1980.
12. Lottis, J. C., and R. C. Ward., "Routine, fixed-station sampling: an integral part of regulatory Water quality monitoring", Environmental Management, 6(4): 279-280, 1982.
13. Lottis, J. C. et als, "Statistical analysis of industrial wastewater monitoring data", Journal Water Pollution Control Federation, 59(3): 145-151, 1987.
14. Lottis, J. C. et als, "An Evaluation of Trend Detection Techniques For Use in Water Quality monitoring Programs", U. S. EPA No. EPA/600/3-89/037, 1989a.
15. Lottis, J. C. et als, "Survey of state water quality monitoring programs", Environmental Management, 8(1): 21-26, 1984.
16. Mariano. Santos et als: "On-line Water Quality Monitoring in Call DeISABEL II Supply System", AWWA, Technology Conference pp 295 ~ 305.1990.
17. Ponce, S. L. "Water Quality Monitoring Programs", Report WSDG-TP-00002. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, 1980.
18. Robert C.Ward et als, Dcsign of Water Quality Monitoring Systems, 1990.
19. Sanders, T. G. et als, "Design of Networks for Monitoring Water Quality(2nd Edition)", Water Resources Publications, 1987.
20. Sanders, T. G., "Water Quality Monitoring Networks", Stephenson D. ed., Water and Wastewater Systems Analysis, Development in Water Science Series Vol. 34, 204-216, 1988.