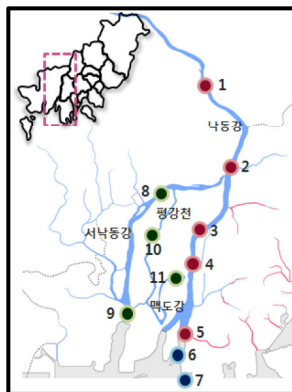


낙동강 하구 통합환경 모니터링

○ 낙동강 하굿둑 개방에 대비하여 낙동강 하구의 시·공간적 염분 분포를 파악하고 수질, 동·식물 플랑크톤, 저서동물 및 퇴적물 조사로 종합적인 물환경 자료를 수질관리에 활용하고자 함

1. 조사개요

- 조사기간 : 2018년(1년)
 - 수질, 동·식물플랑크톤 조사 : 분기 1회(4회/년)
 - 저서성대형무척추동물, 퇴적물 조사 : 반기 1회(2회/년)
- 조사지점 : 낙동강, 서낙동강, 평강천, 맥도강 11개 지점



		지 점 명	수질	퇴적물	생물상
본류 (●)	낙 동 강	1 물금취수장	○	○	○
		2 대동화명대교	○	○	○
		3 강서낙동강교	○	○	○
		4 서부산낙동강교	○	○	○
		5 낙동강하굿둑	○	○	-
해수 (●)		6 을숙도선착장	○	○	○(저서)
		7 노을정			○(저서)
지류 (●)	서낙동강	8 김해교	○	○	○
		9 녹산수문	○	○	-
	평강천	10 울만교	○	○	○
	맥도강	11 맥도배수펌프장	○	○	○

2. 조사방법 : 수질오염공정시험기준(2017)에 따름

- 실시간 염분 자동모니터링 운영 : 5분 간격 염분 데이터 수집·관리
 - 운영지점 : 17개소(물금~하굿둑, 이동식⇒8, 고정식⇒9)
- 낙동강 하구 수질 조사 : pH 등 27항목
 - 5항목(현장측정) : pH, 수온, 용존산소(DO), 염분, 전기전도도
 - 22항목 시험 : BOD, COD, TOC, 중금속 6항목, 총질소 등
 - ※ 선박을 이용한 강 중앙 채수(낙동강관리본부 협조)
- 동·식물 플랑크톤 조사 : 우점종, 개체수 및 종다양도지수
 - 식물플랑크톤 : 우점종, 출현종수 및 세포수, 종다양도지수
 - 동물플랑크톤 : 우점종, 출현종수 및 개체수, 종다양도지수
- 저서성대형무척추동물 조사 : 출현종수, 개체수밀도 및 종다양성지수
- 낙동강 하구 퇴적물 조사 : 완전연소가능량 등 21항목

- 5항목(현장측정) : 수심, pH, 수온, 용존산소(DO), 전기전도도
- 16항목 시험 : 완전연소가능량, COD, 중금속 10항목, 총질소 등

○ 지하수 염분 조사 : 하천 인접 지하수 100개소 염분 측정

- 하천 인접 지역(북구, 사하구, 강서구, 사상구) 93개소 측정
- 수자원공사(부산권지사) 염분조사공 7개 지점 공동 조사

3. 조사결과

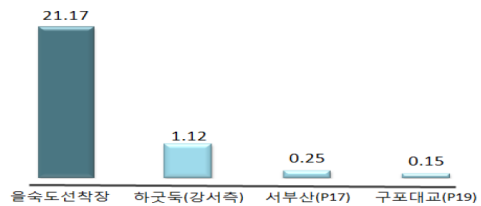
○ 실시간 염분 자동 모니터링 운영

- 낙동강 하굿둑 상·하류 염분 분포(최대값, 5분 자료)
 - 하굿둑 상류(하굿둑 강서측) : 28.68 psu
 - 하굿둑 하류(을숙도 선착장) : 33.20 psu

구 분		하굿둑하류	하굿둑 상류					
지 점 명		을숙도 선착장 (해수)	하굿둑 (강서측)	하굿둑 (사하측)	서부산 낙동강교 (P17)	구포대교 (P19)	화명대교 (P11)	물금 취수장
하굿둑으로부터의 거리(km)		2.1	0	0	5	12	16	26
염분 최대값 (psu)	2018년	33.20	28.68	2.48	4.63	0.86	0.27	0.37
	2017년	35.31	30.07	1.21	4.35	0.36	0.24	0.29
	2016년 (8~12월)	33.67	26.79	21.03	0.49	0.24	0.19	0.19

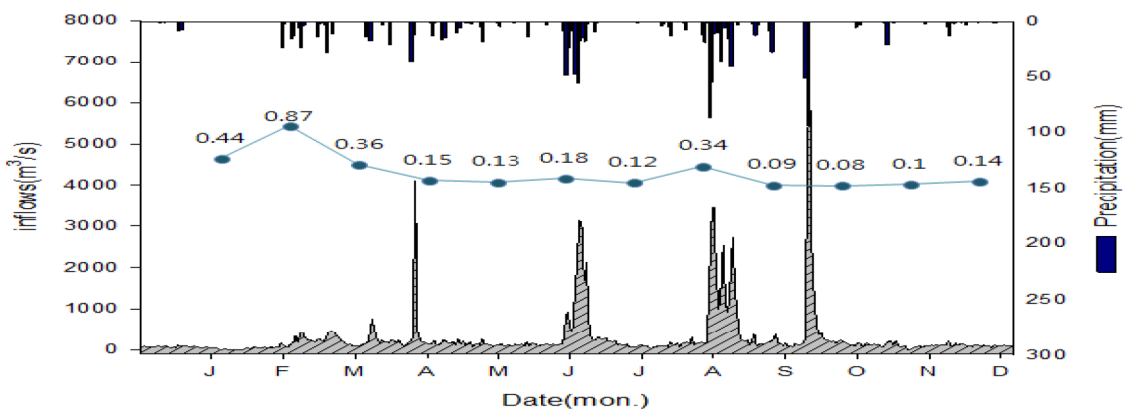
- 주요 지점별 염분 현황(2018년 평균)

- 을숙도 선착장 : 21.17 psu
- 서부산낙동강교 : 0.25 psu



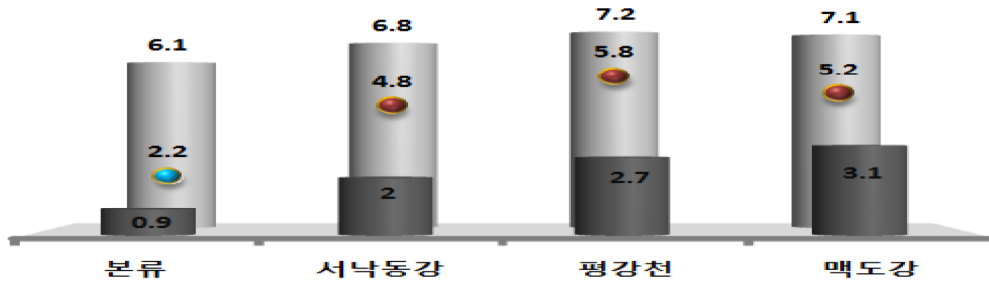
- 월별 염분 변화 추이(P7 중심)

- 1~3월 : 강우량 부족(갈수기) 등으로 일시적 증가
- 4~12월 : 강우와 낙동강 상류부 방류의 영향으로 감소 추세



○ 낙동강 하구 수질 조사

- 수질 기준 평가 및 등급(연간)
 - BOD 기준 평가(mg/L) : 본류⇒0.9~6.1(평균2.2), 지류⇒2.0~7.2
 - 수질등급 : 본류⇒Ia~IV(매우 좋음~약간 나쁨), 지류⇒Ib~IV(좋음~약간 나쁨)
- 낙동강 본류와 지류의 수질 비교(BOD 평균, 최소, 최대)
 - 본류의 수질은 서낙동강 등의 지류보다 전반적으로 좋았음
 - 시기별, 지점별 수질편차가 큼 ⇨ 큰 강우 편차 및 조류(algae)번성



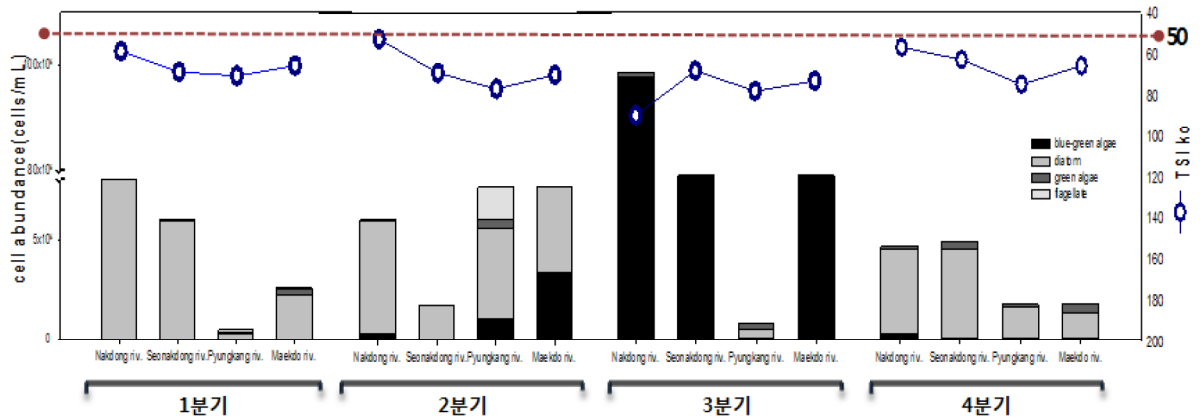
- 카드뮴 등의 중금속, 시안 및 페놀 : 불검출

표 1. 지점별 수질 현황(연평균)

지점명 (채수지점)	등급 (BOD기준)	pH	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	대장균군 (군수/100 mL)		
										총대장 균군	분원성 대장균군	
낙동강 본류	물금 취수장	II 약간좋음	8.1	12.2	2.8	14.1	17.7	3.7	2.642	0.040	347	179
	대동화명 대교	II 약간좋음	8.3	11.3	2.3	15.4	11.7	3.7	2.904	0.032	447	54
	강서 낙동강교	II 약간좋음	8.3	11.4	1.9	8.8	10.5	3.6	2.626	0.038	245	19
	시부산 낙동강교	II 약간좋음	8.3	12.0	2.4	10.8	13.1	3.5	2.693	0.044	284	42
	낙동강 히끗둑	II 약간좋음	8.3	11.3	1.8	8.2	10.6	3.5	2.797	0.041	733	75
을숙도선착장	Ib 좋음	7.8	8.5	1.0	3.4	14.2	2.5	1.612	0.031	656	104	
지류	김해교	IV 약간나쁨	8.4	11.8	5.0	9.0	13.7	3.6	2.292	0.054	998	74
	녹산수문	IV 약간나쁨	8.3	11.2	4.6	8.6	13.7	4.1	2.644	0.083	47850	741
	울만교	III 보통	7.8	9.5	5.8	11.0	13.7	4.4	2.719	0.108	1655	660
	맥도배수 펌프장	III 보통	8.3	10.7	5.2	8.9	13.1	4.4	3.035	0.074	765	468

○ 식물플랑크톤 조사 결과

- 식물플랑크톤 우점도 지수, 생물량 및 종다양도 지수
 - 낙동강 본류 : 총 71종 출현, 세포수(평균) 29,640 cells/mL
우점도지수 0.79, 종다양도지수 0.52
 - 낙동강 지류 : 총 68종 출현, 세포수(평균) 20,131 cells/mL
우점도지수 0.66, 종다양도지수 0.70
- 식물플랑크톤 우점종 분포
 - 낙동강 본류 : (남조류)*Microcystis aeruginosa* ⇒ 3분기(7~9월)
(규조류)*Synedra acus*, *Aulacoseira ambigua* ⇒ 1,2,4분기
 - 낙동강지류 : (규조류)*Stephanodiscus hantzschii*, *Aulacoseira ambigua*
Cyclotella meneghiniana, *Synedra acus*
(남조류)*Microcystis aeruginosa* ⇒ 3분기, 서낙동강·맥도강
- 식물플랑크톤 분류군 시기별 분포 및 부영양화지수와 비교
 - 하절기(6~9월) 남조류 절대 우점, 그 외 기간 규조류 우점
 - 본류 : 하절기 남조류 번성, 가장 높은 우점도지수, 과영양상태
 - 전 조사지점“부영양”이상 ⇨ 하천수의 긴 체류시간, 조류 번성



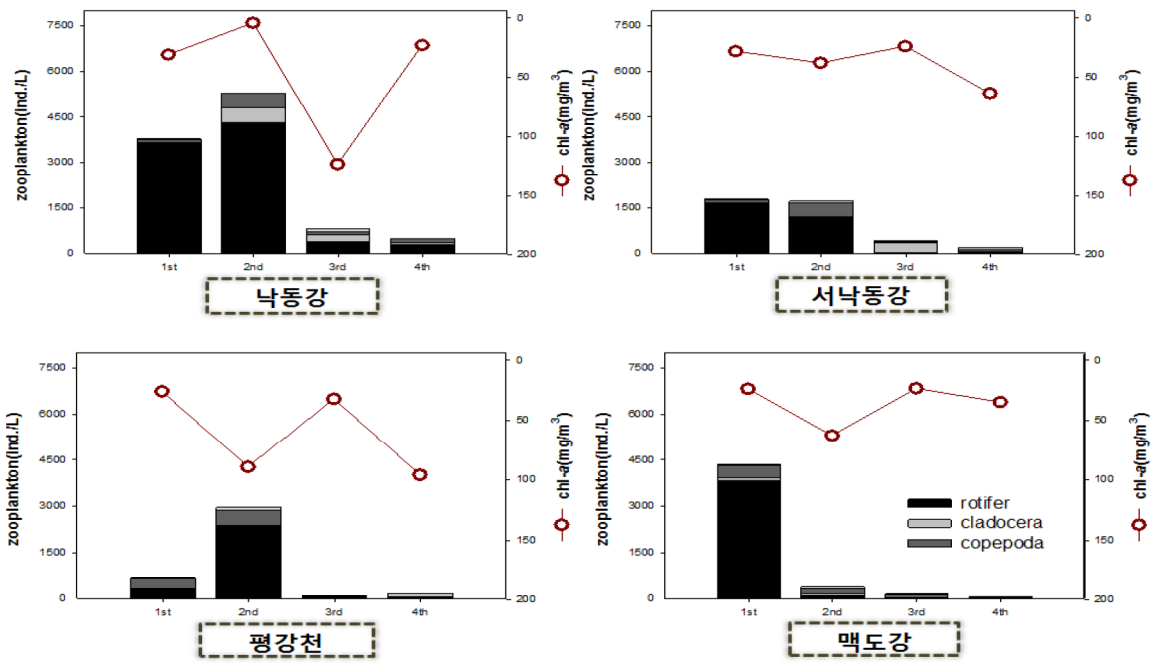
	세포수 (cells/mL)	우점노시수	나양노시수	COD (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	T-P (mg/L)	종합 TSI _{K0}	부영양화평가
낙동강	29641	0.79	0.52	12.3	45.2	0.038	70	과영양(≥70)
서낙동강	8094	0.66	0.44	9.0	38.3	0.054	67	부영양(50~70)
평강천	2898	0.37	0.81	11.0	60.8	0.108	75	과영양(≥70)
맥도강	9137	0.60	0.62	8.9	34.8	0.074	68	부영양(50~70)

※ 수질 및 수생태계 목표기준 평가 규정(환경부고시 제2015-255호) 별표(호소의 부영양화정도 평가 방법)
 ※ 종합TSI_{K0} = 0.5 TSI_{K0}(COD) + 0.25 TSI_{K0}(Chl-a) + 0.25 TSI_{K0}(T-P)(COD, T-P, Chl-a : 연간산술평균)

○ 동물플랑크톤 조사 결과

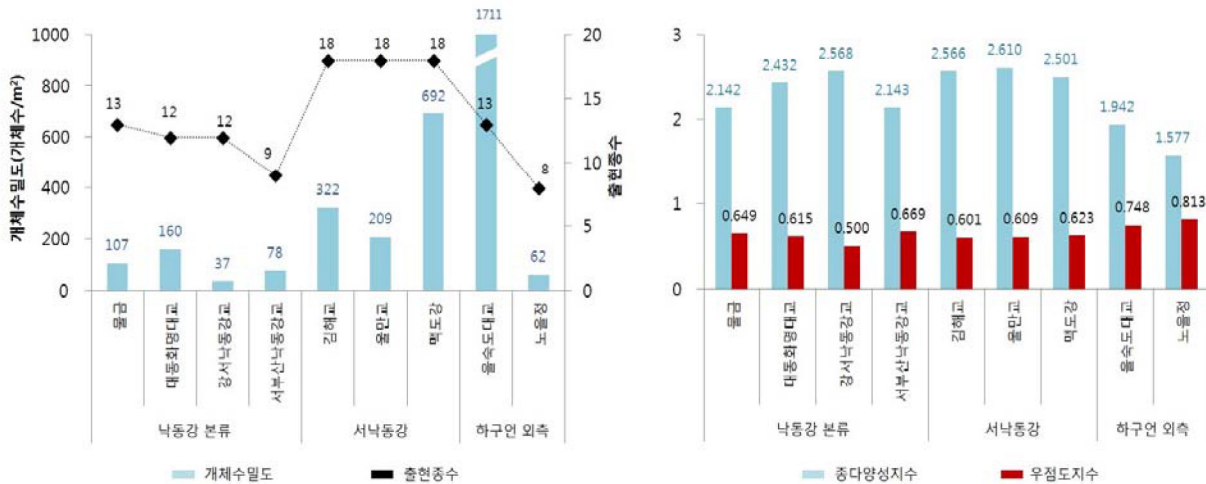
- 동물플랑크톤 우점종 및 우점도 지수, 생물량 및 종다양도 지수
 - 낙동강 본류 : 총 13종 출현, 개체수(평균) 851 ind./L
우점도지수 0.60, 종다양도지수 0.62
 - 낙동강 지류 : 총 17종 출현, 개체수(평균) 344 ind./L
우점도지수 0.62, 종다양도지수 0.49
- 동물플랑크톤의 우점종 분포
 - 낙동강 본류 : (윤충류)*Polyarthra* 속, *Keratella* 속, *Trichocera* 속
 - 낙동강 지류 : (윤충류)*Brachionus* 속, *Keratella* 속, *Trichocera* 속
(지각류)*Bosmina* 속, (요각류)*Cyclops* 속
- 동물플랑크톤 분류군 시기별 분포 및 조류와 상관관계
 - 3~6월 : 동물플랑크톤 개체수 증가 ⇒ 조류 농도 저하
 - 본류 : 하절기 동물플랑크톤의 남조류 섭식 장애 및 개체수 적음
 - 윤충류 번성 : 조류 우점종(*Synedra*속, *Microcystis*속)에 따라 섭식 차이 있음

	개체수 (ind./L)	우점도지수	다양도지수	Chl- <i>a</i> (mg/m ³)	주요 우점종
낙동강	851	0.60	0.62	45.2	<i>Synedra</i> 속(1st), <i>Aulacoseira</i> 속(2nd, 4th), <i>Microcystis</i> 속(3rd)
서낙동강	990	0.73	0.47	38.3	<i>Stephanodiscus</i> 속(1st), <i>Aulacoseira</i> 속(2nd, 4th), <i>Microcystis</i> 속(3rd)
평강천	907	0.78	0.30	60.8	<i>Euglena</i> 속(1st), <i>Synura</i> 속(2nd), <i>Cyclotella</i> 속(3rd, 4th)
맥도강	1200	0.67	0.36	34.8	<i>Synedra</i> 속(1st), <i>Stephanodiscus</i> 속(2nd), <i>Microcystis</i> 속(3rd), <i>Aulacoseira</i> 속(4th)



○ 저서성대형무척추동물 조사

- 낙동강 본류 : 총 23종 출현, 개체수밀도 95 개체/m²
 - 연체동물문 우점 : 개체수⇒55.1%, 출현종수⇒9종
 - 우점종 : 윈돌이물달팽이(18.1 %), 실지렁이(17.8 %), 물달팽이(17.2 %)
- 낙동강 지류 : 총 31종 출현, 개체수밀도 408 개체/m²
 - 연체동물문 우점 : 개체수⇒65.8%, 출현종수⇒14종
 - 우점종 : 윈돌이물달팽이(26.0 %), 수정또아리물달팽이(22.1 %)
- 하굿둑 외측 : 총 19종 출현, 개체수밀도 887 개체/m²
 - 갑각강 우점 : 개체수⇒84.9%, 출현종수⇒11종
 - 우점종 : 흰따개비(55.3 %), 풀개(16.7 %), 굴(8.1 %)
- 종다양성지수 : 본류 및 지류⇒2.142~2.610, 외측⇒1.577~1.942
 - ↳ 외측의 해저 대형동물 다양성으로 저서동물의 낮은 다양성 추측
- 우점도지수 : 본류·지류·외측⇒0.500~0.813
 - ↳ 오염지표종의 대량번식은 관찰되지 않았음
 - 노을정 : 옆새우류 등 채취시기에 따른 집중 채집으로 우점도 높음(0.813)



○ 낙동강 하구 퇴적물 조사

- 하천 퇴적물 항목별 오염평가
 - 유기물 및 영양염류, 금속류 : 본류보다 지류의 오염도 높음
 - ※ 낙동강 본류 : 총질소 853~1203 mg/kg, 지수 0.12~0.15
 - ※ 낙동강 지류 : 총질소 673~2565 mg/kg, 지수 0.20~0.26
 - 낙동강 본류와 지류의 유기물 및 영양염류 오염은 높지 않으나 금속류 오염은 서낙동강, 평강천, 맥도강 모두 “약간나쁨” 등급임

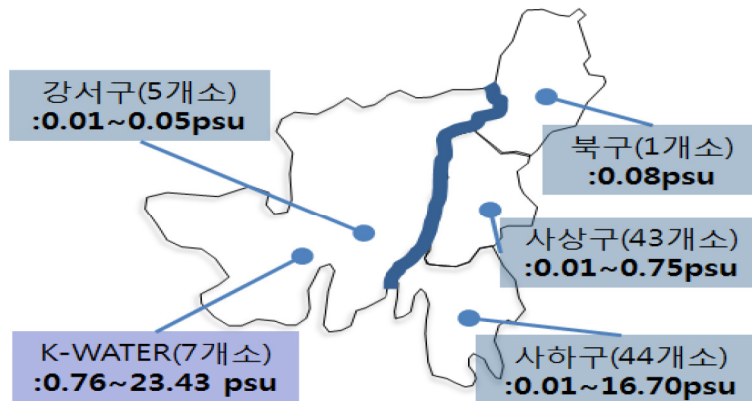
- 평강천 높은 퇴적물 오염도 : 중금속 3항목 II등급 수준
- 비소, 수은, 카드뮴 농도 II등급 수준, 지수 0.26
- 퇴적물의 유기물, 영양염류 및 중금속 농도 가장 높음

표 2. 2018년 지점별 퇴적물 오염 상태

지점명 (채수지점)	등급 (오염평가 기준)	유기물 및 영양염류			금속류								
		완전연소 가능량 (%)	총질소 (mg/kg)	총인 (mg/kg)	구리 (mg/kg) (등급)	납 (mg/kg) (등급)	니켈 (mg/kg) (등급)	비소 (mg/kg) (등급)	수은 (mg/kg) (등급)	아연 (mg/kg) (등급)	카드뮴 (mg/kg) (등급)	크롬 (mg/kg) (등급)	
본류	물금 취수장	보통	0.8	1204	546	20.5 (I)	20.0 (I)	17.7 (I)	6.6 (I)	0.039 (I)	79.0 (I)	0.19 (I)	35.8 (I)
	대동화명 대교	보통	1.7	1122	640	24.3 (I)	25.8 (I)	20.8 (I)	8.5 (I)	0.040 (I)	117.2 (I)	0.35 (I)	35.5 (I)
	강서 낙동강교	보통	1.1	853	513	15.5 (I)	26.8 (I)	16.5 (I)	7.9 (I)	0.026 (I)	75.9 (I)	0.20 (I)	35.1 (I)
	서부산 낙동강교	보통	0.9	1001	492	17.9 (I)	23.6 (I)	18.7 (I)	7.9 (I)	0.036 (I)	78.9 (I)	0.19 (I)	38.1 (I)
	낙동강 하굿둑	보통	0.8	1063	533	22.4 (I)	22.4 (I)	16.7 (I)	8.4 (I)	0.036 (I)	106.8 (I)	0.20 (I)	34.6 (I)
을속도선착장 (낙동강하구탐방체험장앞)	약간 나쁨	9.2	1693	653	36.4 (I)	23.5 (I)	24.1 (I)	11.4 (I)	0.089 (II)	118.2 (I)	0.40 (I)	59.1 (I)	
지류	김해교	약간 나쁨	3.1	2052	1477	37.0 (I)	30.9 (I)	24.0 (I)	9.6 (I)	0.080 (II)	227.5 (I)	0.80 (II)	58.5 (I)
	녹산수문	약간 나쁨	2.2	673	835	66.3 (II)	32.6 (I)	15.0 (I)	10.1 (I)	0.034 (I)	195.1 (I)	0.70 (II)	30.7 (I)
	울만교	약간 나쁨	4.7	2565	1972	46.7 (I)	23.6 (I)	24.0 (I)	17.1 (II)	0.084 (II)	164.5 (I)	1.05 (II)	61.2 (I)
	맥도배수 펌프장	약간 나쁨	3.4	1023	696	32.1 (I)	29.5 (I)	20.5 (I)	8.5 (I)	0.064 (I)	105.9 (I)	0.82 (II)	49.4 (I)

○ 낙동강 인접 지역 지하수 염분 조사

- 4개구 93개소 : 강서·북구6개소, 사상구 43개소, 사하구 44개소
- 지하수 평균 염분 농도(단위:psu) : 사하구⇒1.81, 사상구⇒0.08
- 지하수 최고 염분 농도(단위:psu) : 사하구⇒16.70(하단1동), 사상구⇒0.75(모라1동)
- 한국수자원공사 부산권지사 염분 공동 조사 결과
 - 강서구 7 지점 : 명지동, 죽동동, 강동동, 대저2동, 생곡동, 김해시(2)
(K-WATER 소유의 염분 조사공 이용)
 - 지하수 염분 농도 : 0.76(강동동 BH-5)~23.43(명지동 BH-7, 수심6m)
- 지하수의 염분 분포 경향 : 깊은 수심공(4m 이상)이거나 해안 또는 낙동강 하구에 인접할수록 염분 농도가 높았음



4. 요약

- 낙동강 하굿둑 상·하류의 염분 분포(최대값, 5분 자료)
 - 하굿둑(강서측) 28.68 psu, 을숙도선착장 33.20 psu
 - 1~3월(갈수기) 증가, 이후 강우·낙동강 상류보 방류로 감소 추세
- 낙동강 본류와 지류의 수질 비교(BOD)
 - BOD 기준 평가(mg/L) : 본류⇒0.9~6.1, 지류⇒2.0~7.1
 - 본류의 수질은 서낙동강 등의 지류보다 전반적으로 양호함

• 6~9월(하절기)동안 큰 강우 편차 및 남조류 번성 영향

▷ 하천의 유기물질 증가로 지점별 수질 편차가 매우 큼

- 동·식물플랑크톤과 부영양화지수 비교
 - 식물플랑크톤 : 대개 규조류 우점, 하절기⇒남조류 우점
 - 동물플랑크톤 : 연중 윤충류 우점, 시기별 개체수 변동 큼

- 부영양화지수(TSI_{ko}) 평가 : 전 지점의 “부영양” 이상
 - ▷ 본류와 지류의 유기물질 및 영양염류 관리 방안 필요
- 하절기 조류와 동물플랑크톤의 상관성(낙동강 중심)
 - ▷ 남조류의 절대 우점, 윤충류의 남조류 섭식 장애
 - ▷ 높은 조류 농도로 하천수의 이취미 발생 등 수질 영향 미침

- 저서성대형무척추동물 조사 결과
 - 낙동강본류 및 지류 : 연체동물문(인돌이물달팽이 등) 우점
 - 하굿둑 외측 : 갑각강(희따개비 등) 우점, 낮은 종다양성지수
 - 오염지표종의 대량 번식은 관찰되지 않았음
- 낙동강 하구 퇴적물 조사 결과
 - 유기물 및 영양염류, 금속류 : 본류보다 지류의 오염도 높음
 - 낙동강 본류와 지류의 유기물 및 영양염류 오염은 높지 않으나

금속류 오염은 서낙동강, 평강천, 맥도강 모두“약간나쁨”등급임

○ 지하수 염분 조사 결과

- 지하수 최고 염분 농도 : 사하구⇒16.70(하단1동), 사상구⇒0.75(모라1동)
- 지하수 염분 농도 : 0.76(강동동 BH-5)~23.43(명지동 BH-7, 수심6m)
- 4m 이상의 수심공 또는 낙동강 하구에 인접할수록 높은 염분 농도

5. 향후대책

- 낙동강 하구의 수심별 염분 공간 분포 자료 구축에 활용
- 지속적인 모니터링으로 낙동강 수질 관리 대책의 기초 자료 제공
- 하천관리과 및 낙동강관리본부 등 유관기관과의 지속적인 자료 공유로 수질관리 효율 증대

6. 기대효과

- 낙동강 하굿둑 개방에 대비하여 낙동강 하구의 시·공간적 염분 분포 파악 및 종합적인 물환경 모니터링으로 시민의 안전한 물이용에 만전을 기함