

동진강 해역 표층 퇴적물 중 인의 화학적 형태별 함량

이현정 · 손재권* · 박봉주** · 조재영

전북대학교 농업생명과학대학 응용생물공학부 · *전북대학교 농업생명과학대학 생물자원시스템공학부

**건국대학교 자연과학대학 자연과학연구소

Fractions of Phosphorus in the Surficial Sediment of Dongjin Sea Area

Lee, Hyun Jeong · Son, Jae Gwon* · Park, Bong Ju** · Cho, Jae Young

Dept. of Agricultural Chemistry, Chonbuk National Univ. · *Dept. of Agricultural Engineering, Chonbuk National Univ.

**Research Institute of Natural Sciences, Konkuk Univ.

ABSTRACT : The present study was carried out to investigate the P fractions of surficial sediment of Dongjin sea area. Furthermore, potential released loading of adsorbed and non-apatite inorganic phosphorus were investigated in the sediment of Dongjin sea area. The contents of phosphorus fractions of the surficial sediment in Dongjin sea area were adsorbed-P 0.06%, nonapatite inorganic-P 13.02%, apatite-P 60.22%, and residual-P 26.70%. The most abundant fraction was apatite-P, residual-P, nonapatite inorganic-P, and adsorbed-P followed it. Potential released loading of adsorbed and non-apatite inorganic phosphorus surveyed 2.6 and 597ton, respectively. These results show that sediment-managing and interception from external pollution are needed for water environmental maintenance of Dongjin sea area.

Key words : Dongjin sea area, Eutrophication, Fraction, Phosphorus, Reclaimed tidelands, Saemangeum

1. 서론

육상과 인접해 있는 해역퇴적물의 오염은 육지로부터 강우-유출에 의해 유입되는 외부오염원과 해역퇴적물 자체에 함유되어 있는 오염물질의 용출에 의한 내부오염원으로 대별할 수 있다. 특히, 내부오염원인 퇴적물 내에 함유된 유기물질, 질소 및 인 과 같은 영양물질과 기타 환경오염물질은 퇴적물의 온도, 수소이온농도, 산화-환원조건 및 용존산소량 등 물리·화학 및 생물학적 변화에 의해 용출되어 수계 환경에 바람직하지 못한 영향을 끼치게 된다.

여러 가지 영양물질 가운데 인(phosphorus)은 퇴적물 입자로부터 인의 탈착, 용해, 음이온의 치환, 가수분해 및 미생물의 활동 등에 의해 간극수로 이동하게 되며, 간극수로 이동한 인은 확산, 난류와 와류, 저서생물의 활동 및 가스 발생 등에 의해 상부 수층으로 이동하게 됨으로써 수질 악화를 초래하게 된다(전상호, 1990, Boers, 1991, Bostrom 등,

1982). 그동안 국내에서는 대청호 퇴적물에 존재하는 인의 형태별 함량분포(배정옥, 1991), 대청호 퇴적물에 분포하는 유기물질의 분해와 방출(이용상과 이경식, 2004), 우리나라 남해안 해역퇴적물중 중금속과 인의 형태별 함량(이찬원 등, 1995), 소양호 퇴적물에 함유된 인의 존재 형태와 용출가능성(전상호와 박용안, 1989) 그리고 한강 퇴적물에 함유된 오염물질의 존재형태와 이동성(전상호, 1990)에 관한 연구가 일부 수행되었다. 그러나 아직까지 우리나라 서해안에 넓은 면적으로 분포하는 잠재적으로 이용가능한 간척자원을 대상으로 인의 형태별 함량과 관련하여 수행된 연구결과는 거의 전무한 실정이다.

퇴적물 내에 존재하는 인의 화학적·형태별 분포에 대한 모니터링은 수중 생태계의 수질화학적 변화, 계절별 온도변화에 따라 용출되거나 침전되는 인의 환경생태학적 영향을 파악할 수 있고 담수호의 경우에는 잠재적으로 계절별로 어느 정도의 인이 용출되는지를 추정할 수 있는 지표로 활용될 수 있다.

본 연구의 목적은 새만금 간척사업이 진행 중인 동진강 해역을 대상으로 표층 퇴적물의 총인 함량과 화학적·형태별 함량 분포를 조사하였다. 또한 퇴적물에 분포하는 인

Corresponding author : Cho, Jae Young

Tel : 063-270-2547

E-mail : soilcosmos@chonbuk.ac.kr

의 형태별 함량을 조사하여 향후 건설될 새만금 담수호에 대한 퇴적물 중 인의 용출에 따른 잠재적인 환경부하량을 추정하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시료채취

동진강 해역을 중심으로 토양시료 채취지점을 선정하기 위하여 대상지역에 대한 현지답사를 실시한 후 담수호 구역을 제외하고 대상지역을 가로와 세로 200점의 격자망으로 구성하였다. 구성된 격자망 지점을 대상으로 GPS 수신기와 1/25,000 지형도, 나침반 등을 이용하여 좌표를 찾았으며, 세계의 해역으로 구분하여 A 해역 55 지점, B 해역 68 지점, 그리고 C 해역 105 지점 등 총 228 지점에서 채취하였다 <그림 1>.

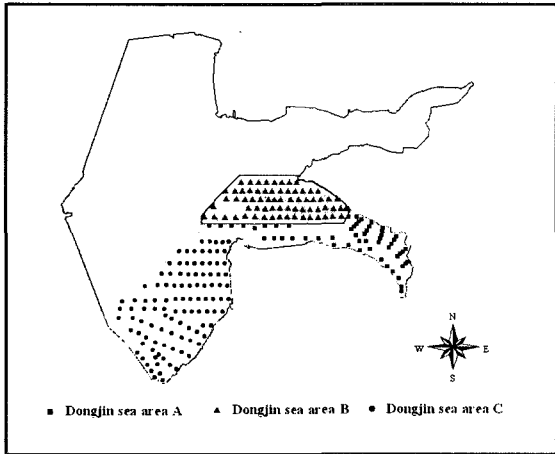


그림 1. Map showing sampling sites in Dongjin sea area

2. 분석방법

가. 퇴적물의 물리·화학적 특성 분석

해역 표층 퇴적물을 채취하여 실온에서 풍건 후 2mm체에 통과시킨 다음 Page 등(1982)의 Methods of soil analysis에 기준하여 분석하였다. 토양 pH는 퇴적물과 증류수를 1:5의 비율로 조제한 후 pH-meter(TOA HM-20S)로 측정하였고, 전기전도도 (electrical conductivity)는 포화침출 후 EC-meter(LF-538)를 사용하여 측정하였다. 유기물 함량은 Walkley-black법, 양이온교환용량(CEC)은 1N-NH₄OAc(pH: 7.0)을 이용한 침출법, 토성은 USDA 삼각분류법을 기준으로 하였다.

나. 퇴적물 중 인의 화학적·형태별 함량

표층 퇴적물 내에 분포하는 인의 화학적·형태별 성분 분석은 Hieltjes와 Lijklema(1980)의 분석방법에 기준하였다 <그림 2>.

III. 결과 및 고찰

1. 동진강 해역 표층 퇴적물 중 총인의 함량 분포

표층 퇴적물 중 총인의 함량을 조사한 결과는 그림 3에 나타나 있다. 동진강 A 해역에서는 200.2~496.6mg/kg 범위로 평균 322.8mg/kg를, 동진강 B 해역에서는 211.3~390.1mg/kg 범위로 평균 314.8mg/kg를, 동진강 C 해역에서는 170.2~418.6mg/kg 범위로 평균 281.9mg/kg를 나타내었다. 전체 동진강 해역에서는 170.2~496.6mg/kg 범위로 평균 302.5mg/kg를 나타내었다. 해역별로는 A > B > C 순서로 높게 나타났는데, 이는 A 해역이 외부오염원의 유입 지점에 근접해 있기 때문인 것으로 판단된다. 본 조사결과는 이찬원 등(1995)이 조사한 미산만 퇴적물의 총인 479

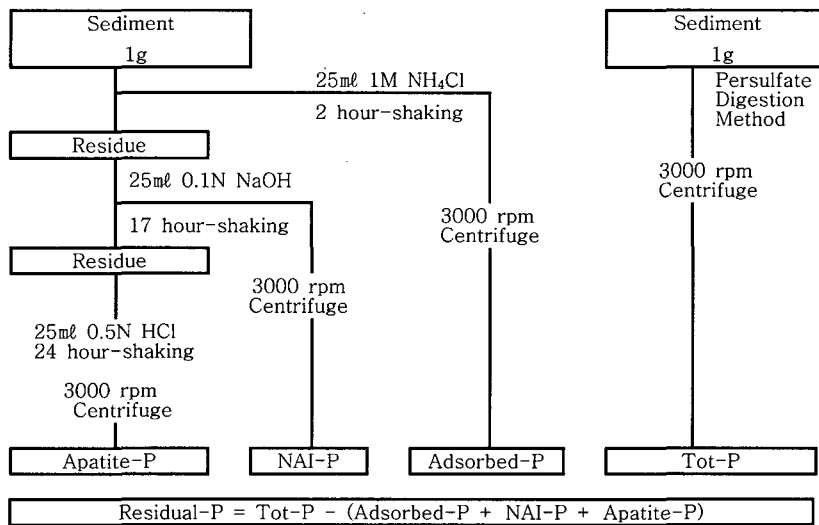


그림 2. Analysis procedure of phosphorus fractions

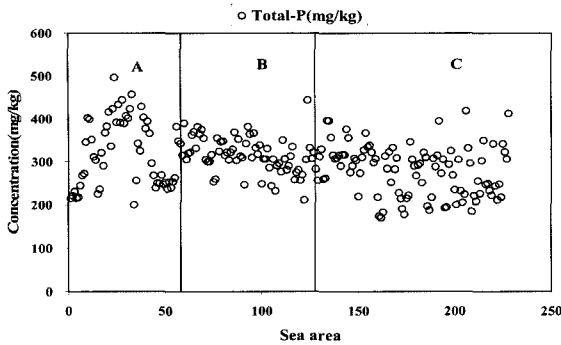


그림 3. Distribution of Total-P in the surficial sediment of Dongjin sea area

mg/kg, 진해만 퇴적물의 총인 375mg/kg 보다는 낮은 것으로 나타났다. 또한 Williams 등(1980)이 조사한 미국 Wisconsin 지역의 호수 퇴적물 중 총인 2,550mg/kg, Hosomi와 Sudo(1981)가 조사한 일본의 대표적 부영양화 호수인 Kasumigaura호 퇴적물 중 총인 2,165mg/kg 보다 낮게 나타났다.

2. 동진강 해역 표층 퇴적물 중 인의 화학적·형태별 함량 분포

해역 표층 퇴적물중 인의 화학적·형태별 함량분포는 표 1과 그림 4에 나타나 있다.

가. 흡착태 인(adsorbed-P)

표층 퇴적물의 표면에 전기적으로 느슨하게 흡착된 인은 그 결합력이 약하며, 퇴적물 교란시 또는 용존산소, 온도, 인의 농도변화 등의 환경변화가 발생할 경우 수층으로 쉽게 이동하는 인으로 다른 형태의 인보다 이동성 크며, 인근 해안에 영향을 줄 수 있는 형태로 알려져 있다. 퇴적물의 흡착태 인의 함량은 동진강 A 해역에서는 0.03~1.53mg/kg 범위로 평균 0.17mg/kg을, 동진강 B 해역에서는 0.03~1.35mg/kg 범위로 평균 0.18mg/kg을, 동진강 C 해역에서는 0.03~1.69mg/kg 범위로 평균 0.17mg/kg을 나타내었다. 전체 동진강 해역에서는 0.03~1.69mg/kg 범위로 평균 0.18mg/kg을 나타내었다. 흡착태 인의 함량은 해역별로는 B > A = C 순서로 나타났다. 본 연구결과를 선행 연구결과와 비교해 보면, 이찬원 등(1995)이 조사한 마산만 퇴적물 중 흡착태 인 8.6 mg/kg, 배정옥(1991)이 조사한 대청호 퇴적물 중 흡착태 인 27.4mg/kg, 전상호(1990)이 조사한 한강 퇴적물 중 흡착태 인 49.4mg/kg 보다 낮은 수준이었다. 또한 Kaiserli 등(2002)이 조사한 그리스의 Volvi호 퇴적물 중 흡착태 인 3.11mg/kg 보다 낮게 나타났다. 본 조사 결과에 기초할 때 동진강 해역 표층 퇴적물 중 흡착태 인의 함량은 다른 연구 결과에 비해 낮은 수준인 것으로 나타났다.

나. 비인회석태 인(non-apatite inorganic-P)

비인회석태 인은 점토의 표면에 Fe이나 Al 등과 착물을 형성하여 침전하거나 Fe_2O_3 , $Al(OH)_3$, MnO_2 등이 형성될 때 공침되어 있는 부분으로 산화환원전위가 낮아지거나 pH 상승시 수층으로 용출되는 인이며, 다른 형태의 인보다 많은 양이 용출되기 때문에 퇴적물과 수층간의 물질순환에서 중요한 역할을 한다. 비인회석태 인이 많은 퇴적물은 큰 외부 오염원이 있어 높은 인부하량이 금속과의 착물 형성 등으로 제거되고 있음을 추론할 수 있으며, 추후 수중 생태계의 pH, 산화환원전위 변화에 따라 수질환경에 큰 영향을 끼칠 수 있는 잠재적인 환경오염 유발물질이 될 수 있을 것이다. 퇴적물 중 비인회석태 인의 함량은 동진강 A 해역에서는 10.4~224.3mg/kg 범위로 평균 71.9mg/kg을, 동진강 B 해역에서는 15.1~83.8mg/kg 범위로 평균 36.3mg/kg를, 동진강 C 해역에서는 14.3~105.9mg/kg 범위로 평균 28.5mg/kg를 나타내었다. 전체 동진강 해역에서는 10.4~224.3mg/kg 범위로 평균 41.4mg/kg을 나타내었다. 해역별로는 A > B > C 순서로 높게 나타났는데, 이와 같이 비인회석태 인이 A 해역에서 2배 이상 더 많이 검출된 것은 A 해역이 동진강 유역에서 발생하는 외부오염원의 영향을 더 많이 받았기 때문으로 판단된다. 본 연구결과를 선행 연구결과와 비교해 보면, 이찬원 등(1995)이 조사한 마산만 퇴적물 중 비인회석태 인 173.4 mg/kg, 전상호(1990)이 조사한 한강 퇴적물 중 비인회석태 인 498.8mg/kg 보다는 낮게 나타났다. 또한 Ishio 등(1986)이 조사한 일본의 Ariake만 퇴적물 중 비인회석태 인 236.9mg/kg과 비교시에도 낮은 경향을 나타내었다.

다. 인회석태 인(apatite-P)

인회석태 인은 퇴적물 근원지의 지질이나 토양침식의 정도를 반영하는 것으로 알려져 있다. 대부분 수중 생태계에서 인산염 인의 농도가 인회석에 대해 과포화 되어 있기 때문에 pH가 매우 낮지 않다면 수층으로 이동하지 않으므로 인회석태 인의 용출은 크게 우려하지 않아도 될 것으로 판단된다. 퇴적물 중 인회석태 인의 함량은 동진강 A 해역에서는 78.8~239.1mg/kg 범위로 평균 171.2mg/kg을, 동진강 B 해역에서는 139.9~266.2mg/kg 범위로 평균 199.3mg/kg을, 동진강 C 해역에서는 77.1~258.6mg/kg 범위로 평균 175.7mg/kg를 나타내었다. 전체 동진강 해역에서는 77.1~266.2mg/kg 범위로 평균 182.3mg/kg를 나타내었다. 해역별로는 B > C > A 순서로 나타났으며, 조사해역별로 인회석태 인 함량의 차이가 크게 나타나지 않은 점으로 보아 동진 해역 A, B, C의 지질이나 토성의 형태 및 토양의 침식정도가 유사한 것으로 추론해 볼 수 있다. 본 연구결과를 선행 연구결과와 비교해 보면 배정옥

(1991)이 조사한 대청호 퇴적물 중 인회석태 인 171.0mg/kg 과는 비슷한 함량을 나타내고 있으나, Rydin(2000)이 조사한 스웨덴의 Erken호 퇴적물 중 인회석태 인 287mg/kg 보다는 낮은 수준이었다.

라. 잔류태 인(residual-P)

잔류태 인은 유기물과 관련된 인으로 퇴적물에 존재하는 플랑크톤이 자가분해에 의해 방출되고 남은 인과 유입수에 의해 운반되어 온 것으로 잔류태 인이 많다고 하는

표 1. Phosphorus fractions of surficial sediment of Dongjin sea area (Unit: mg/kg)

Sea area		A	B	C	Total
Total-P	Mean	322.79	314.84	281.86	302.49
	Min	200.20	211.30	170.20	170.20
	Max	496.60	390.10	418.60	496.60
	S.D.	79.08	39.56	57.71	62.43
Adsorbed-P	Mean	0.17	0.18	0.17	0.18
	Min	0.03	0.03	0.13	0.03
	Max	0.53	1.35	0.69	1.35
	S.D.	0.10	0.17	0.11	0.14
Non-apatite inorganic-P	Mean	71.97	36.32	28.54	41.36
	Min	10.37	15.12	14.26	10.37
	Max	224.28	83.83	105.87	224.28
	S.D.	50.24	14.08	12.77	32.12
Apatite-P	Mean	171.23	199.33	175.72	182.29
	Min	78.84	139.88	77.14	77.14
	Max	239.06	266.19	258.56	281.45
	S.D.	47.54	28.84	47.43	44.54
Residual-P	Mean	79.42	79.01	77.43	78.65
	Min	17.77	38.95	20.52	17.77
	Max	165.33	156.50	185.98	185.98
	S.D.	35.22	22.97	30.04	29.42

것은 수층에서 용존성 무기인의 제거가 생물체의 의한 흡수에 의해 이루어지거나 대상 해역의 유기물 함량이 높다는 것을 암시해 주는 결과로 알려져 있다(전상호와 박용안, 1989). 퇴적물 중 잔류태 인의 함량은 동진강 A 해역에서는 17.8~165.3mg/kg 범위로 평균 79.4mg/kg를, 동진강 B 해역에서는 38.9~156.5mg/kg 범위로 평균 79.0mg/kg를, 동진강 C 해역에서는 20.5~186.0mg/kg 범위로 평균 77.4mg/kg를 나타내었다. 전체 동진강 해역에서는 17.8~186.0mg/kg 범위로 평균 78.7mg/kg를 나타내었다. 해역별로는 A > B > C 순서로 높게 나타났는데 이는 A 해역에서 생물에 의한 흡수나 흡착이 왕성하여 식물성 플랑크톤을 비롯한 생체나 그 분해물에 포함되거나 결합된 인이 많았기 때문인 것으로 판단된다. 본 연구결과를 선행 연구결과와 비교해 보면, 이찬원 등(1995)이 조사한 마산만 퇴적물 중 잔류태 인 253.7mg/kg, 진해만 퇴적물 중 잔류태 인 223.8mg/kg 보다 낮은 수준이었다. 또한 Williams 등(1980)가 조사한 미국 Wisconsin 지역의 호수 퇴적물 중 잔류태 인 27~142mg/kg과는 유사한 수준이었으나 Hosomi 와 Sudo(1981)가 조사한 일본의 대표적 부영양화 호수인 Kasumigaura호 퇴적물 중 잔류태 인 820mg/kg 보다 낮은 수준이었다.

퇴적물의 총인의 함량에 대한 인의 화학적·형태별 함량이 어느 정도 차지하고 있는가를 조사한 결과, 흡착태 인 0.60%, 비인회석태 인 13.02%, 인회석태 인 60.22%, 잔류태 인 26.70%로, 인회석태 인 > 잔류태 인 > 비인회석태 인 > 흡착태 인의 순서로 나타났다.

3. 동진강 해역 표층 퇴적물의 이화학적 특성과 인의 화학적·형태별 함량과의 상관관계

표층 퇴적물의 물리화학적 특성과 인의 화학적·형태별 함량과의 관계를 상관분석한 결과는 표 2와 같다. 표층 퇴적물의 pH는 흡착태 인($r=0.29, p>0.01$), 인회석태 인($r=0.26, p>0.01$)과 유의성 있는 정의 상관관계를 나타낸 반면, EC는 비인회석태 인($r=-0.32, p>0.001$)과 고도의 유의성 있는 부의 상관관계를 나타내었다. CEC는 총인($r=0.27, p>0.01$), 비인회석태 인($r=0.61, p>0.001$)과 유의성 있는 정의 상관관계를 나타내었다. 유기물 함량은 흡착태 인($r=0.19, p>0.05$), 총인($r=0.41, p>0.001$), 비인회석태 인($r=0.72, p>0.001$)과 유의성 있는 정의 상관관계를 나타내었다. 토성을 구성하는 인자 중 Sand는 흡착태 인($r=-0.22, p>0.05$), 총인($r=-0.52, p>0.001$), 비인회석태 인($r=-0.50, p>0.001$) 및 인회석태 인($r=-0.41, p>0.001$)과 고도의 유의성 있는 부의 상관관계를 나타내었고, Silt는 Sand와 반대의 경향을 나타내었다. Clay는 총인($r=0.38, p>0.001$), 비인회석태 인($r=0.49, p>0.001$)과 고도의 유

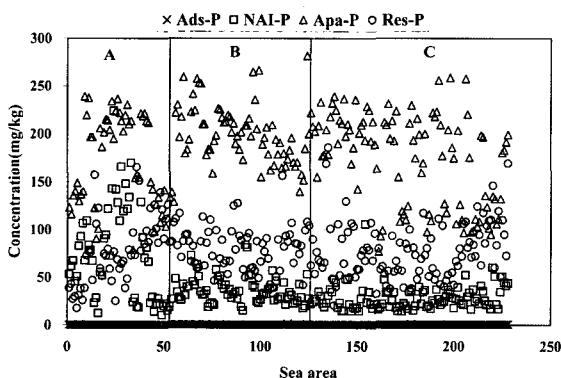


그림 4. Distribution of Ads-P, NAI-P, Apa-P, and Res-P in the surficial sediment of Dongjin sea area

의성 있는 정의 상관관계를 나타내었다. 이와 같은 결과는 퇴적물의 pH, 유기물 함량 및 토성과 같은 퇴적물의 이화학적 특성이 인의 화학적 형태별 함량과 밀접한 관계를 가지고 존재하는 것임을 보여주는 결과로 판단된다.

표 2. Correlation coefficient between physico-chemical properties and fractions of P in the surficial sediment of Dongjin sea area

Physico-chemical properties	P fractions					
	Tot-P	Adsorbed-P	Non-apatite inorganic-P	Apatite-P	Residual-P	
pH	0.15	0.29**	-0.02	0.26**	-0.05	
EC	-0.05	0.12	-0.32***	0.16	0.00	
CEC	0.27**	0.09	0.61***	0.04	-0.15	
Organic matter	0.41***	0.19*	0.72***	0.11	-0.08	
Mechanical composition	Sand	-0.51***	-0.22*	-0.50***	-0.41***	0.09
	Silt	0.49***	0.22*	0.47***	0.41***	-0.09
	Clay	0.38***	0.08	0.49***	0.15	0.05

*, **, *** : significant at the 0.05, 0.01, 0.001 levels, respectively.

본 연구에서 제시한 여러 가지 형태의 인 가운데 표층 퇴적물중 그 함량이 높고, 토양 환경의 변화에 따라 쉽게 용출되어 수환경에 영향을 끼칠 수 있는 비인회석태 인을 대상으로 토양 특성과의 관계를 도식화하여 나타낸 결과는 그림 5에 나타나 있다.

4. 동진 해역에서 수중 생태계의 환경 변화에 따른 잠재적인 인 용출량 평가

퇴적물에서 인의 용출은 퇴적물에 분포하는 인의 존재 형태와 주위환경에 영향을 받는다. 인의 용출에 영향을 미치는 인자로는 수온, pH, 용존산소 농도, 수층과 퇴적물 층간의 농도차 등이 있다. 이중 용존산소의 농도 변화는 수층의 산화-환원 조건을 변화시킴으로써 인의 용출특성에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Nurnburg, 1998). 비인회석태 인은 산화환원전위가 낮아질수록, 인회석태 인은 pH가 낮아질수록 수층으로 용출될 가능성이 커진다. 일반적으로 퇴적물에서는 pH 변화는 적고 산화환원전위는 가용한 전자수용체에 따라 많은 변화가 있기 때문에

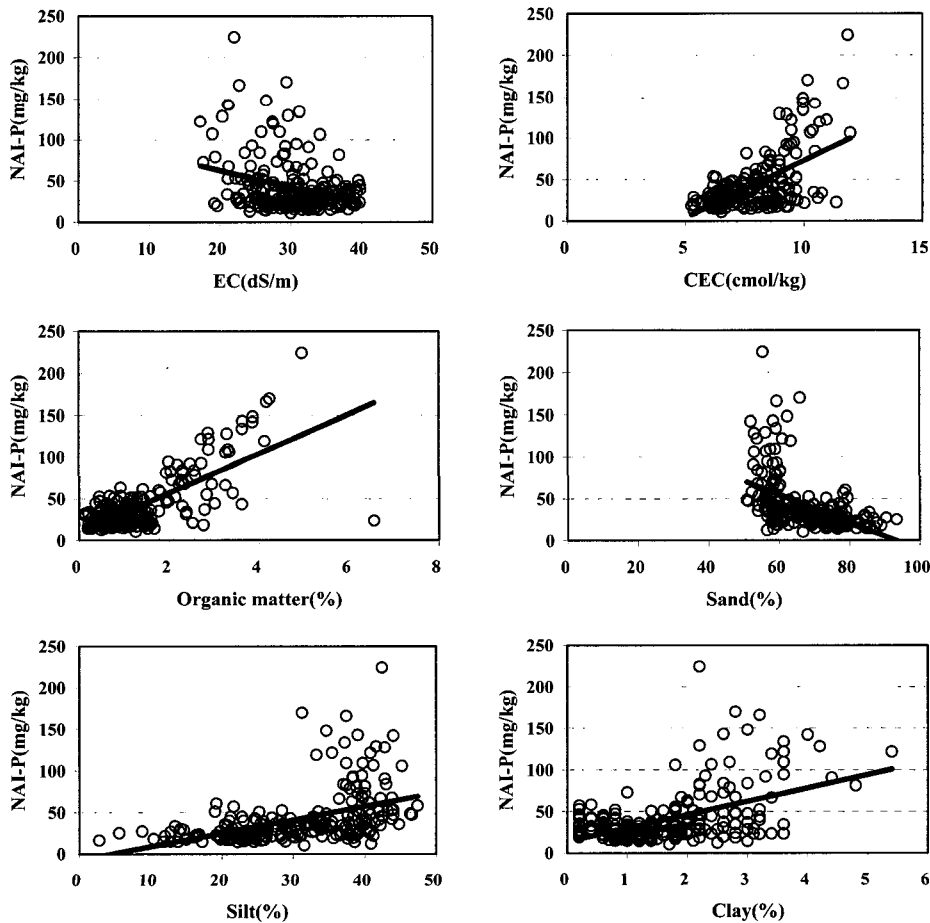


그림 5. Relationship of soil properties and NAI-P in the surficial sediment of Dongjin sea area

퇴적물에서 용출 가능성이 쉬운 인의 종류는 산화환원전위와 민감하게 관련된 비인회석태 인이라 할 수 있다. 즉, 퇴적물의 산화환원전위가 높거나, 퇴적물에 비인회석태 인이 적고 인회석태 인이 많으면 퇴적물에서의 인의 용출은 작아질 것이다(Diaz 등, 1994, Kassila 등, 2001).

토양계에서 산화환원전위값은 표준전위, 산화형물질과 환원형 물질의 존재비에 의해 결정되는 것으로 알려져 있다. 즉, 토양계에서 산화형물질의 비율이 높으면 산화환원전위값이 높아지고, 환원형물질의 비율이 높아지면 산화환원전위값이 낮아진다. 본 연구에서는 상기에서 논의한 바와 같이 인회석태인과 잔류태인의 경우 토양환경의 변화에 따라 용출될 가능성이 낮으나, 비인회석태인의 경우 산화환원전위값의 감소에 의해 토양으로부터 용출될 가능성이 높다. 이에 간척지토양의 산화환원값이 감소한다는 가정 아래, 현재 개발 중인 새만금 간척지의 전체 면적을 점유하고 있는 동진해역의 면적 14,424ha에 본 조사에서 나타난 비인회석태인의 농도를 이용하여 잠재적으로 용출 가능한 비인회석태인의 부하량을 산정하였다. 이와 함께 퇴적물 교란에 의해서 쉽게 토양으로부터 용출되어 수층으로 이동할 수 있는 흡착태인의 부하량도 동일한 방법으로 산정하였다. 잠재적인 부하량 산정시 토양권에서 산화환원전위값의 변동, 온도, 용존산소 등의 변화가 주로 이루어지는 표층퇴적물의 두께 10cm를 가정하였다. 여기에 본 연구에서 조사된 흡착태 인과 비인회석태 인의 잠재적인 용출 가능한 인의 환경 부하량을 산정한 결과는 그림 6과 같다. 조사결과, 흡착태 인에 의한 잠재적인 환경부하량은 A 해역 0.6ton, B 해역 0.7ton, C 해역 1.2ton으로 나타났으며, 전체적으로 동진해역에서 흡착태 인의 잠재적인 용출 가능한 환경부하량은 2.6ton을 나타내었다. 동일한 방법으로 비인회석태 인의 잠재적인 환경부하량을 산정한 결과 A 해역 251ton, B 해역 134ton, C 해역 207ton

으로 나타났으며, 전체적으로 동진해역에서 비인회석태 인의 잠재적인 용출 가능한 환경부하량은 597ton으로 조사되었다. 결론적으로, 새만금 동진 해역 수질환경을 건전하게 보전하기 위해서는 수중생태계의 환경변화에 따른 퇴적물로부터 비인회석태인의 용출에 의한 오염을 최소화할 수 있는 방안이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

IV. 요약 및 결론

새만금 간척사업이 진행 중인 동진강 해역을 대상으로 표층 퇴적물의 총인 함량과 화학적·형태별 함량 분포를 조사하였다. 또한 퇴적물에 분포하는 인의 분획별 함량을 조사하여 향후 건설될 새만금 담수호에 대한 퇴적물 중 인이 끼치는 잠재적인 환경부하량을 조사하였다.

1) 동진강 해역 표층 퇴적물 중 인의 화학적·형태별 분포는 흡착태 인 0.60%, 비인회석태 인 13.02%, 인회석태 인 60.22% 잔류태 인 26.70%으로 인회석태 인 > 잔류태 인 > 비인회석태 인 > 흡착태 인의 순서로 나타났는데 가장 많은 함량을 나타내고 있는 인회석태 인은 pH가 매우 낮지 않다면 수층으로 이동하지 않으므로 인회석태 인의 용출은 크게 고려하지 않아도 될 것으로 판단된다.

2) 동진 해역에서 수중 생태계의 환경 변화에 따른 인의 잠재적인 환경부하량을 조사한 결과 흡착태 인의 잠재적인 환경부하량은 2.6ton, 비인회석태 인의 잠재적인 환경부하량은 597ton으로 조사되었다. 추후 새만금 동진 해역 수질환경을 건전하게 보전하기 위해서는 수중생태계의 환경변화에 따른 퇴적물로부터 비인회석태인의 용출에 의한 오염을 최소화할 수 있는 방안이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

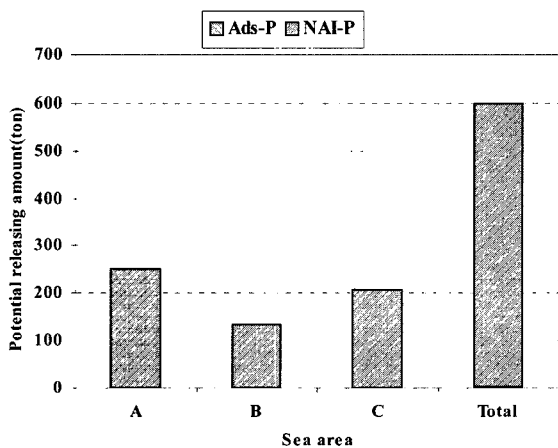


그림 6. Amounts of potential released Ads-P and NAI-P from the surficial sediment of Dongjin sea area

본 연구는 농어촌연구원에서 지원한 2004년도 새만금 간척농지의 고도이용 및 환경농업 추진방안과 관련된 연구의 일부임.

참고문헌

1. 배정옥, 1991, 대청호 저니 중 인의 존재형태 및 용출에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위 논문
2. 전상호, 박용안, 1989, 소양호 퇴적물에 함유된 인의 존재형태와 용출가능성에 대하여, 한국육수학회지 22(3) : 261-271
3. 전상호, 1990, 한강 퇴적물에 함유된 오염물질의 존재형태와 이동성에 관한 연구, 한국육수학회지 23(1)

- : 31-42
4. 이용상, 이경식, 2004, 대청호 유기퇴적물 분포 및 용출 특성, *대한환경공학회지* 26(6) : 665-669
 5. 이찬원, 권영택, 박동규, 김봉진, 1995, 남해연안 퇴적물내 인과 중금속의 존재형태, *대한환경공학회지* 17(7) : 661-674
 6. Boers, P. M., 1991, The influence of pH on phosphate release from lake sediments, *Water Resources* 25(3) : 309-311
 7. Bostrom, B., M. Jasson, and C. Forsberg, 1982, Phosphorus release from lake sediment, *Arch. Hydro. Biol.* 18 : 5-59
 8. Diaz, O. A., K. R. Reddy, and P. A. Moor, 1994, Solubility of inorganic phosphorus in stream water as influenced by pH and calcium concentration, *Water Research* 8 : 1755-1763
 9. Furumai, H., and S. Ohgaki, 1989, Adsorption-desorption of phosphorus by lake sediments under anaerobic conditions, *Water Resources* 23(6) : 677-683
 10. Hieltjes, A. H. M., and L. Lijklema, 1980, Fractionation of inorganic phosphates in calcareous sediments, *Journal of Environmental Quality* 9(3) : 405-407
 11. Hosomi, M., and R. Sudo, 1981, Characteristics of phosphorus distribution in sediment of Lake Kasumigaura, Japanese of NIES report 22 : 45-54
 12. Ishio, S., M. Kuasahara, and H. Nakagawa, 1986, Conversion of $AlPO_4$ -P to Fe-bound P in sea sediment, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 52 : 901-911
 13. Kaiserli, A., D. Voutsas, and C. Samara. 2002, Phosphorus fractionation in lake sediment-Lakes Volvi and Koronai, N. Greese, *Chemosphere* 46 : 1147-1155
 14. Kassila, J., M. Hasnaoui, M. Droussi, M. Loudiki, and A. Yahyaoui, 2001, Relation between phosphate and organic matter in fish-pond sediments of the Deroua fish farm(Beni-Mellal, Morocco): implications for pond management, *Hydrobiologia* 450 : 57-70
 15. Nurnburg, G. K., 1998, Prediction of release rates from total and reductant-soluble phosphorus in anoxic lake sediment, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 45 : 453-462
 16. Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeny, 1982, *Methods of Soil Analysis*. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA
 17. Rydin, E., 2000, Potentially mobile phosphorus in lake Erken sediment, *Water Resources* 34(7) : 2037-2042
 18. Williams, J. D. H., H. Shesr, and R. L. Thomas, 1980, Availability to *senedesmus quadricauda* of different forms of phosphorus in sedimentary material from the Great Lakes, *Limnology and Oceanography* 25(1) : 1-11