



# 오염물질의 해양방류 기술(VI)

서일원 (서울대학교 토목공학과 교수)

이상현 (서울공대 토목공학과 석사과정)

- 제 1 편 : 부력제트 및 확산관 이론
- 제 2 편 : 온배수 및 하수 확산에 관한 수치모델
- 제 3 편 : 온배수 확산관의 설계 및 시공
- 제 4 편 : 하수 확산관의 설계 및 시공
- 제 5 편 : 해양 방류관로의 일반 설계
- 제 6 편 : 확산관을 이용한 CO<sub>2</sub> 해양방류

## 제 6 편

### 확산관을 이용한 CO<sub>2</sub>의 해양방류

#### 1. 서론

지구는 태양으로부터 많은 복사 에너지를 받고 있다. 이 에너지의 일부는 지구의 대기에 의해 반사되고 나머지는 지구의 표면과 대기의 온도를 일정하게 유지시키는 데에 사용된다. 지구온난화현상은 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄가스(CH<sub>4</sub>) 등 온실가스가 증가함으로써 지구대기의 평균온도가 상승하는 현상을 말한다. 지구 온난화의 원인으로 많은 것들이 제안되었지만, 대기중 이산화탄소의 증가에 따른 것이라는 것이 가장 지배적인 의견이다. 이 의견에 대한 반론들 또한 많이 제기되었지만, 1995년 인간활동이 지구 기후에 명백한 영향을 미치고 있다는 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 의 연구결과(1990, 1995)가 나온 후 사람들은 이산화탄소를 지구 온난화의 주범으로 믿고 있다. 지구의 기온은 최근 100년간 0.5℃가 상승하였으며, 이산화탄소를 비롯한 온실가스가

현 추세로 증가한다면, 2100년의 지구기온은 지금보다 1~3.5도 상승하고 해수면은 약 15~95cm가 상승할 것이라고 과학자들은 밝히고 있다.

1997년 12월, 일본의 교토에서 세 번째로 개최된 환경회의에서는 세계 165개국 약 1000여명의 대표가 모여서 지구온난화에 대한 대책을 논의 하였다. 이에 앞서 1992년 리우 환경회의에서는 선진국들의 온실가스 배출량을 2000년까지 90년 수준으로 묶자고 제안하였다. 교토회의는 환경문제를 넘어서 각국의 이익과 밀접한 연관을 맺음으로서 회의 참가국들의 의견이 첨예하게 대립되었다. 우리 나라의 경우, 교토회의에서 의무감축 대상국에서는 제외되었지만, 장기적으로 볼 때 CO<sub>2</sub> 감축에 동참하지 않을 수 없음을 인식하고 1998년 7월, 온실가스 감축의무 이행을 공식적으로 발표하였다. 세계에서 12번째로 높은 CO<sub>2</sub> 농도를 보이고 있는 우리나라의 경우, 온실가스 감축의무를 이행할 경우 GNP는 약 5~7%정도 떨어지고, 경제는 제로 성장이 불가피하다는 의견이 제시되었다.

특히 기저발전을 제외한 거의 대부분의 전력 생산을 화석연료에 의한 발전에 의존하고 있는 우리나라로서는 대기중의 CO<sub>2</sub> 농도를 줄일 수 있는 방안이 시급한 현실이다(서일원 등, 1998).

CO<sub>2</sub>의 배출은 크게 비점오염원과 점오염원의 2가지로 분류할 수 있다. 비점오염원 CO<sub>2</sub>의 경우, 자동차나 가정의 조리, 난방기구로부터 배출되어 대기중으로 확산되면서 농도가 희박해지는 CO<sub>2</sub>이다. 비점오염원 CO<sub>2</sub>의 일부는 해양에서 흡수하거나, 식물의 탄산동화작용을 통해 영양원으로 바뀌기도 한다. 공

학적으로 볼 때, 이러한 CO<sub>2</sub>를 포집하여 저감하는 방안을 수립하는 것은, 비용이 많이 소모될 뿐만 아니라, 모든 비점오염원을 제어하기는 불가능하다. 이와 달리 화력발전소, 제철소, 시멘트 공장, 석유화학 공장 등 점오염원에서 대량으로 배출되는 CO<sub>2</sub>는 총 CO<sub>2</sub> 배출량의 1/3을 차지하고 있다. 또 CO<sub>2</sub>의 발생 속도가 빠르고, 농도가 매우 높다는 특징을 가지고 있다. CO<sub>2</sub>를 제어하는 기술이란, 이러한 점오염원 CO<sub>2</sub>를 다른 물질로 변화시키거나, 대기중이 아닌 다른 곳에 격리시킴으로서 대기중의 CO<sub>2</sub> 농도를 제어하는 것이다.

1990년대에 들어서면서 이산화탄소를 제어하는 많은 기술들이 제안되었으나, 아직까지 실효화된 것은 없으며, 현재에도 세계 각지에서 연구가 진행되고 있다. 대표적인 방법으로 깊은 곳의 저장대, 폐유전, 해양 등을 이용하여 이산화탄소를 저장하는 방법과 이산화탄소를 포집한 후, 다른 이로운 물질로 변환시키는 연구, 그리고, 자연을 이용하여 자연내에서 고착화시키는 방법등이 있다(표 1 참조).

이산화탄소를 다른 물질로 변환시키는 기술의 경우 자원의 재활용이라는 측면에서 볼 때 상당히 가치가 있으나, 변환시키는 과정에 드는 비용이 적지 않다는 단점이 있다. 또 방류되는 CO<sub>2</sub>를 전량 화학적으로 변환하여 생산할 경우, 생산량이 과다하게 되므로, 공학적으로 볼 때 가치가 떨어진다고 할 수 있다. 저장대와 폐유전 등을 사용하는 경우, 저장할 수 있는 양이나, 드는 비용면에서는 저렴하다고 할 수 있으나, CO<sub>2</sub>가 저장대에 고정되지 않고, 대기중 또는 다른 곳으로 이동하는 경우, 지구온난화 뿐만이 아니라 사람들의 안전에 지장을 초래하게 되는 문제점을 안고 있

다. 생물학적으로 이산화탄소를 고착시키는 방법의 경우, 나무를 심고, 자연과피를 막는다는 측면에서, 매우 좋은 방법이지만, 당장 직면해 있는 문제를 해결하기에는 시간적으로나, 경제적으로 늦은 감이 있다. 해양방류기술의 경우 CO<sub>2</sub> 문제를 해결하기에 가장 타당한 방법으로 제안되고 있으나, 해양방류 방법에만 따른 환경영향과 방류깊이에 따라서 발생하는 비용차이가 크기 때문에 많은 연구가 수행되고 있다.

## 2. CO<sub>2</sub>의 해양방류 기술

앞에서 살펴본 바와 같이 CO<sub>2</sub> 해양방류기술은 공학적, 경제적인 측면에서 볼 때 가장 실현 가능하고 타당한 방법이라고 할 수 있다. CO<sub>2</sub> 해양방류 기술의 타당성은 크게 3가지로 설명할 수 있다. 첫째, 대양은 거대하다. 지구의 70% 이상을 차지하며, 평균깊이가 3800m나 된다. 특히 심해의 경우 이산화탄소로 비포화 되어있을 뿐만 아니라 안정층이 형성되어 있고, 압력이 높아서 이산화탄소의 용존량이 매우 크다. 둘째, 해양은 CO<sub>2</sub>를 녹일 수 있는 무한한 용매이다. 해수에 녹아있는 무기 이산화탄소의 양은 대기중의 이산화탄소의 50배가 넘을 뿐만 아니라 아직도 비포화 되어있다. 그러므로, 인간의 활동에 의해 생산되는 모든 이산화탄소를 해수에 유입시킨다하여도 해수의 이산화탄소 증가는 연간 0.016%정도에 지나지 않을 것이다. 셋째, 대부분의 발전소 및 점오염원은 해안에 인접하여 있거나 접근하기 용이한 위치에 있다. 그러므로, 해양에 도달하기 위해서 별도의 운송비용을 들이지 않아도 되는 이점이 있다.

이산화탄소를 해양에 방류하는 경우, 유입 깊이와 CO<sub>2</sub>의 상태, CO<sub>2</sub>의 용해도 등이 큰 변수라고 할 수 있다. Sakai와 동료연구자들의 연구(1990)에 따르면, CO<sub>2</sub>는 수심 500 보다 얇은 곳에서는 기체상태로 존재하지만, 수심 500m 이상 되는 지점에서는 액체상태와 고체상태로 존재한다(그림 1).

수심 100m이하(혼합층)의 얇은 바다에 유입시키는 경우, 대기와 해수가 평형상태를 이루고 있기 때문에 해수에 유입되었던 CO<sub>2</sub>는 기체상태로 바뀐 후, 머

표 1. CO<sub>2</sub> 제어기술의 종류와 특징 (Ormerod 등, 1993)

제어기술	CO <sub>2</sub> 저장 가능량(Gt C)	CO <sub>2</sub> 저장 비용(\$/t C)	기술의 용이성
해양방류	20,000,000	5	좋음
저장대 저장	87	79	중음
폐 가스전 저장	83	14	중음
폐유전 저장	42	14	중음
생물학적 저장	50~100	3.5	많은 시간 소요

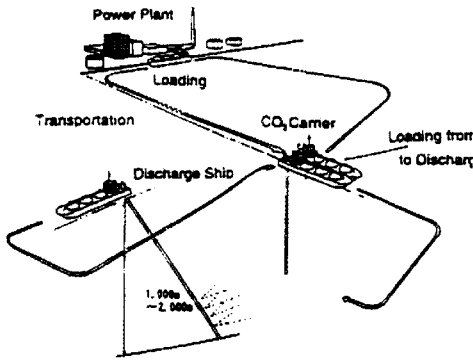


그림 1 깊이에 따른 CO<sub>2</sub>의 상변화(Sakai 등, 1990)

지 않아 대기중으로 돌아가게 된다. 하지만, 수심 500m~1000m에 유입시키는 경우에는 이산화탄소가 부력을 가지기 때문에 일정 높이 상승하다가 머물게 된다. 용해도에 따라서 차이는 있지만, 이러한 CO<sub>2</sub>는 오랜 시간에 걸쳐서 대기/해수 사이클을 거쳐서서히 대기 중으로 유입되게 된다. 수심 1000m 이하에 유입된 CO<sub>2</sub>는, 주변수보다 밀도가 커지게 되므로 대양 바닥으로 가라앉게 된다. 이 경우, 매우 오랜 시간(약 1000년)이 지난 후에 대기/해수의 평형상태를 가지게 된다. 대기중의 이산화탄소 농도의 최대치가 향후 수백 년 내에 발생한다고 할 때, 해양에 이산

화탄소를 유입시킴으로서 이 최대치의 값을 줄일 수 있다. 이러한 면에서 볼 때, 해양방류기술은 CO<sub>2</sub>의 제어기술이라기 보다는 CO<sub>2</sub>의 농도저감기술이라고 표현하는 것이 옳다.

해양방류기술은 방류하는 CO<sub>2</sub>의 상태, CO<sub>2</sub>의 방류방법 또는 CO<sub>2</sub> 방류깊이 등에 따라서 분류할 수 있다(그림 2 참조). CO<sub>2</sub>의 상태에 따라서 분류하는 경우, 고체로 방류하는 방법, 액체로 방류하는 방법, 기체상태로 방류하는 방법으로 분류할 수 있다. 또, 방류방법으로 분류하는 경우 다공화산관을 이용하여 방류하는 방법, 혼합챔버등의 장치를 이용하여 방류하는 방법, 배를 이용한 방법, 플랫폼을 이용하는 방법 등으로 구분된다. 방류깊이로 분류하는 경우 수심 500m 보다 얇은 곳에 방류하는 천해방류(shallow release), 수심 500~3000m 사이에 방류하는 중간깊이 방류(intermediate depth release), 수심 3000m 이상되는 지점에 방류하는 심해방류(deep release)등으로 구분한다. (Adams 등, 1995)

채 상태로 방류하는 방법에는 드라이 아이스(Dry ice)와 CO<sub>2</sub>-수화물(CO<sub>2</sub>-hydrate)방류가 있다. 드라이 아이스를 방류의 경우, 수표면 또는 배출원 부근에서 이산화탄소를 고체상태(dry ice)로 바꾼 후, 바지등의 운송수단을 이용하여 해수에 유입하게 된다.

현장실험 결과, 3~4m의 정육면체 드라이 아이스의 경우, 전 질량의 50% 이상이 해수에 녹기 이전에 수심 3000m에 도달하였다. 수심 3000m 이상 되는 부분에서는 CO<sub>2</sub>의 밀도가 해수에 밀도에 비하여 크기 때문에 완벽한 격리효과를 가지게 된다. 또한 전 수심에 걸쳐 녹기 때문에, 해양 생태계에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 많은 양의 드라이 아이스를 만드는 경우, 많은 에너지가 소모될 뿐만 아니라, CO<sub>2</sub>가 최종적으로 머물게 되는 심해 생태계에 많은 영향이 있다는 단점이 있다. 해수와 CO<sub>2</sub>가 서로 반응하면서 생성되는 CO<sub>2</sub>-수화물(CO<sub>2</sub>-hydrates) 방류의 경우, 인공적으로 CO<sub>2</sub>-수화물을 생성시켜서 가라앉히는 방법이다. CO<sub>2</sub>-수화물의 경우 온도, 압력, 성분이 알맞을 경우 현장에서 제조가 가능하기 때문에 운반하는데 많은 부피를 차지하는 드

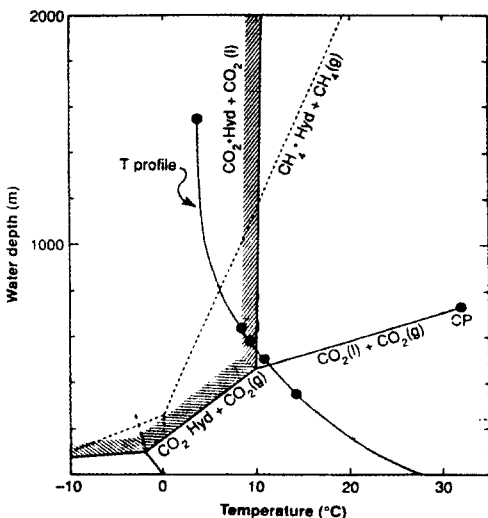


그림 2 CO<sub>2</sub>의 해양방류기술 (Adams 등, 1996)

라이아이스에 비하여 운송비용을 절감할 수 있다. 현재 지표나 해안에서 제조하는 방법이 연구중에 있으며, 실용화되기 위해서는 CO<sub>2</sub>-수화물과 해수에 반응하여 용해되는 과정과 대양바닥에 도달하였을 경우 주변환경에 미치는 영향이 연구되어야 한다. (Adams 등, 1996)

기체상태의 방류로는 수심이 얇은 지역에 방류하는 방법으로 천해방류를 들 수 있다. 천해방류의 경우 수심 500m 보다 얇은 곳에서 방류하기 때문에 CO<sub>2</sub>가 기체 상태로 존재한다. 주로 다공화산관을 이용하여 방류되며, 주변수의 밀도에 비하여 작은 밀

도를 가지는 CO<sub>2</sub>는 공기방울 부력류(bubble plume)를 형성하면서 상승한다. 수심 400~500m에서 방류하는 천해방류는 공학적 측면에서는 경제성이 있어 보이나, 결국 수표를 통하여 대기 중으로 재 유입되는데 까지 걸리는 잔류시간이 짧기 때문에 실용화될 가능성이 적다.

액체방류의 경우, 가장 많은 연구가 진행되고 있으며, 가장 타당한 방법으로 알려져 있다. 중간깊이의 방류는 수심 500m~3000m 사이의 깊이에서 방류하는 것으로 부력을 갖는 액체로 존재한다. 다공화산관을 통하여 방류하는 경우, 공기방울 부력류와 유사한 액체방울 부력류(droplet plume)의 형태를 형성하면서 상승한다. 이 경우, CO<sub>2</sub>-수화물이 함께 생성되면서 액체방울과 주변수사이의 물질교환을 저감시키는 효과를 가져온다. 심해방류는 수심 3000m 이상되는 지점에서 방류하기 때문에 주변수에 비하여 밀도가 큰 CO<sub>2</sub>는 가라앉게 된다. 일본 과학자들은 이러한 현상을 이용하여, 심해 특정지역에 CO<sub>2</sub>를 대량으로 저장·격리시키는 'CO<sub>2</sub>-호수'(CO<sub>2</sub>-lake)를 만드는 것을 제안하였다. (Oshumi, 1996)

하지만, 수심 3000m 이상되는 지점은 해안선으로부터 멀리 떨어져 있기 때문에 운송비용이 많이 들뿐만 아니라, 국부 지역에 높은 CO<sub>2</sub> 농도에 노출되게

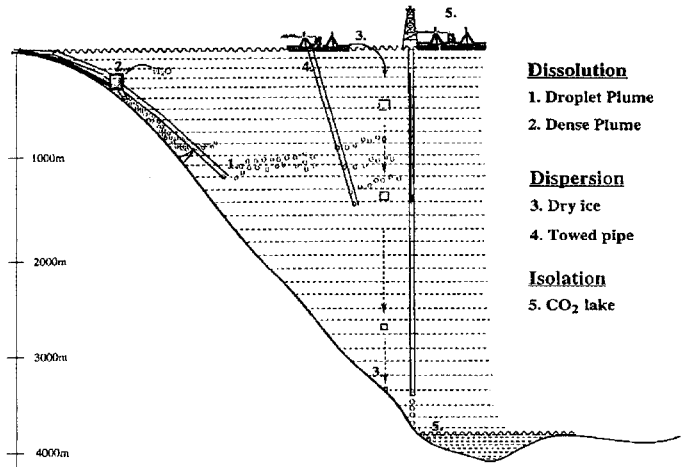


그림 3 확산법 : 배를 끌면서 CO<sub>2</sub> 방류하는 방법

되므로서, 생태계 파괴 또한 심각할 것으로 예측된다. 밀도류를 이용한 방법 또한 액체 방류의 일종으로서 수심이 얇은 곳에 방류해서, 심해로 이동 시키므로서 CO<sub>2</sub>를 저장하는 방법이다. 이 방법의 경우 해수와 CO<sub>2</sub>를 혼합하여 주변수보다 밀도가 높은 CO<sub>2</sub>를 생성하는 것이 가장 중요하다. 해수에 방류된 밀도류는 자연적인 지형을 따라서 하강하는 하강류(Sinking plume)를 형성하면서 하강해서 주변수와 밀도가 비슷한 위치에 머물게 된다.

이러한 경우 혼합층 이하에 방류하게 되면, CO<sub>2</sub>가 대기로 재유입 되는 것을 장기간 막을 수 있는 장점이 있으나, CO<sub>2</sub> 농도가 높은 밀도류가 해안지형을 타고 하강하면서 해양생태계를 파괴하게 되는 단점이 있다. 액체방류의 일종으로 액체 CO<sub>2</sub>를 LNG선과 같은 탱커에 저장하여 방류지점으로 이동해서 관을 끌면서 해양에 방류하는 방법(그림 3 참조)이 있는데 이러한 방법을 확산법이라 한다(Nakashiki 등, 1995). 이와 같은 배를

이용하는 방류의 경우 계속 이동하면서 방류하기 때문에, 고정된 장치를 이용한 방류에 비하여 환경에 영향이 저감되는 장점이 있다. 반면, LNG선의 생산과 운용에 드는 비용이 많이 들기 때문에 경제성이 떨어지는 단점이 있다.

**표 2. CO<sub>2</sub> 해양방류에 의한 근역의 환경변화 (Adams 등, 1996)**

방류 방법	산성화된 주변수의 부피 (km <sup>2</sup> )	
	130 kg/s CO <sub>2</sub>	1300 kg/s CO <sub>2</sub>
드라이 아이스	0.001	1.0
배를 끌면서 방류	0.02	1.025
액체방울 부력류	1.7	102.0
밀도류	7.0	130.0
CO <sub>2</sub> 호수	0.3	4.0

### 3. CO<sub>2</sub> 해양방류가 주변환경에 미치는 영향

CO<sub>2</sub> 해양 방류기술의 가치는 대기 중으로 방류하는 경우에 비하여, 생태계에 미치는 영향이 최소화될 때만이 그 가치가 있다. 이러한 맥락에서 해양방류시 CO<sub>2</sub>가 생태계에 미치는 영향은 반드시 고려해야 할 중요한 인자가 된다고 할 수 있다. 해양방류에 따른 영향은 근역과 원역의 두 가지로 나누어서 생각할 수 있는데, 근역의 경우 해양방류 방법에 따라 차이가 나타나기는 하지만, 주로 방류구 부근에서 가장 극심한 영향을 받게된다. 그 중 가장 현저히 나타나는 현상으로 해수의 pH 저하를 들 수 있다. 해수에 내재해 있는 탄산칼(CaCO<sub>3</sub>)이 완충작용을 하기 하지만, 많은 양의 이산화탄소가 빠른 속도로 유입되는 경우 이러한 자연의 완충작용은 거의 효과가 없다고 할 수 있다. 1996년 MIT 에너지 연구소에서는 CO<sub>2</sub>의 해양방류에 따른 환경영향의 중요성을 인식하고, 각각의 방류 방법에 따른 환경영향의 영향을 연구· 발표하였다(표 2 참조). 각각의 방류방법에 대하여 구체적인 시나리오를 작성하여 연구한 결과에 따르면, 고체방류의 일종인 드라이 아이스 방법과 배를 이용한 towed pipe 방법을 사용하는 경우 영향이 가장 작은 것으로 알려졌다. 반면, 다공확산관을 이용하는 공기방울 부력류 방법, 또는 밀도류를 이용하여 방류하는 방법들은 주변 생태계에 많은 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 이는 다공확산관의 역할에 기인할 수 있다. 다공확산관은 해양방류 장치로서 초기 방류시 주변수와의 혼합을 증가시켜서 오염물의 농도를 순간적으로 저감시키는 역할을 담당한다. 그러므로, 상대적으로 협소한 지

역에 액화 CO<sub>2</sub>를 방류하기 때문에 근역에서의 환경 영향이 크게 나타나는 것은 당연하다고 할 수 있다. 격리법의 일종인 CO<sub>2</sub>-호수 또는 심해 호수(deep lake)방법을 사용하는 경우, 근역에서의 영향은 작으나, 바다면 근처의 생태계에는 큰 영향을 주게된다.

### 4. 다공확산관을 이용한 해양방류

공학적 입장을 견지하고 보면, 해양방류기술은 세 가지 목적에 부합하여야 된다. 가격을 최소화하는 동시에 이산화탄소의 잔류시간이 길어야 하며, 또한 환경에 대한 영향이 가장 작아야 한다. 주위 환경에의 영향이라는 측면에서 볼 때는 드라이아이스나 배를 끌면서 방류하는 확산법이 가장 효율적이라고 할 수 있지만, 다른 방법에 비해서 경제성이 현저하게 떨어지므로, 현실적으로 불가능하다고 할 수 있다. 'CO<sub>2</sub> 호수'의 경우 확산법에 비해 경제성은 좋은 편이지만, 기술적으로 아직 못 미치는 것은 물론, 해저 생태계에 미치는 영향이 불확실하므로 현 단계에서 실용화하는 것은 어렵다고 할 수 있다. 반면, 세 가지 방법 중 생태계에 가장 많은 영향을 미치는 용해법(액체방울 부력류, 밀도류 방법)은 기술적인 면과 경제적인 면에서 볼 때 가장 현실에 근접해 있는 방법이다. 세계 각국의 대규모 발전소가 해안에 인접하여 위치하여 있기 때문에 방류 위치까지의 수송비를 절감할 수 있음은 발전소에서 직접 관망을 연결하여 사용하는 경우 더욱 용이하다. 이미 유류의 수송관을 통하여 수심 1000m까지 관망을 설치하는 기술이 개발되어 있으므로, 수심 500~1500m 정도의 깊이에서 부력류 또는 밀도류를 사용하여 CO<sub>2</sub>를 방류하는 방법은 현실정에 적합하다고 할 수 있다. 두 가지 방법은 같은 용해법으로 분류되지만 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

1) 액체방울 부력류 : CO<sub>2</sub>를 배출원으로부터 관망을 통하여 해안으로 이동시킨 뒤 다공확산관을 이용하여 중간깊이(수심 1000~1500m 내외)에 액화 CO<sub>2</sub>를 유입시키는 방법이다(그림 4 참조). 방류된 액화 CO<sub>2</sub>는 주변수에 비하여 밀도가 작으므로 부력을

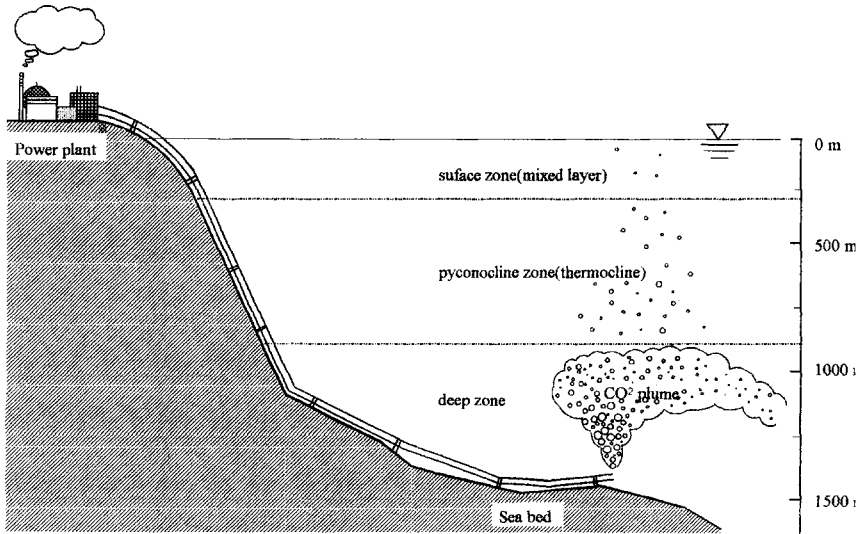


그림 4. 다공확산관을 이용한 CO<sub>2</sub> 해양방류 (공기방울 부력류)

떠는 액체방울 부력류의 형태를 이루면서 상승하게 된다. 이러한 액체방울들은 상승하면서 주변수의 혼합과 동시에 용해된다. 방류된 CO<sub>2</sub>와 주변수의 혼합물인 부력류는 일정 높이 상승하다가 안정층에 도달하여 정지하게 되고, 그 곳에서 오랜시간 머물러 있게 된다. 부력류의 형성과 더불어 CO<sub>2</sub>와 주변수의 경계면에서 수화물이 발생하게 되는데, 관망과 확산관 뿐만 아니라 부력류에서의 물질교환을 저해하는 요인이 되므로, 많은 연구를 필요로 한다. 그 밖에도 방류 확산관의 수, 초기 방류시의 방울크기, 주변수의 성층화 정도등에 따라 부력류로서의 효과가 달라지므로, 고려해야할 주요한 요소이다.

2) 밀도 하강류 : CO<sub>2</sub>가 해수에 녹으면, 주변수에 비하여 밀도가 증가하므로 가라앉게 된다. 그러나, 자연적으로 혼합 또는 용해된 혼합물의 경우 밀도차의 정도가 미약하므로 큰 효과를 얻을 수 없다. 이 문제를 보완하기 위하여, 방류 초기에 CO<sub>2</sub>의 농도가 높은 무거운 혼합물을 생성시키는 장치가 요구된다. 이 장치는 천해(수심 500m 이하) 또는 1000m 정도의 수심에 위치하면서, 중력에 의한 강한 하강류를 생성하게 된다. 이 하강 부력류는 지형을 따라 깊은 곳으로

이동하게 되고, 주변수와의 밀도차가 상대적으로 작은 위치에 도달하여 정지하게 된다. 이렇게 밀도가 큰 부력류를 사용하는 경우 수송에 사용되는 관의 길이를 짧게 할 수 있기 때문에 가장 경제적이라고 할 수 있는 반면, 생태학적으로 가장 위험한 방법이라고 할 수 있다. 수심의 영향이 적은 반면, 지형의 영향을 많이 받기 때문에 입지조건이 까다로운 단점이 있다.

## 5. 결론 및 향후연구과제

21세기를 바라보는 지금, 인간의 생활에 가장 중요한 문제로 부각되는 것이 환경문제이다. 그 중에서도 지구 온난화 문제는 최근 들어서 더욱 부각되고 있다. 지구온난화 문제는 현재의 주 에너지원인 화석연료의 대체에너지원이 개발되지 않는 한 자연적으로 해결될 가능성이 매우 희박하다고 할 수 있다. 반면 지구온난화의 주범으로 온실가스를 지목하면서, CO<sub>2</sub> 및 다른 온실가스의 배출량을 규제하는 움직임이 매우 거센 실정이다.

우리 나라 또한 CO<sub>2</sub> 감축 대상국으로서의 의무를 다하고, 더 이상의 환경파괴를 막기 위해 CO<sub>2</sub> 제거기술 분야에 있어 많은 연구와 노력이 필요하다. 아직까

지 국내에서는 연구가 미진한데, 기업, 정부, 학계가 모두 합심하여 효과적인 방안을 강구하여야 한다. 이러한 시점에서 CO<sub>2</sub>의 해양방류기술은 지구 온난화의

문제에 대한 정답일수는 없겠지만, 문제해결을 위한 실마리를 제공할 수 있을 것이다. ●

### 〈참고 문헌〉

- 서일원, 김대근, 김창시, 이상현, (1998), "오염물질의 해양방류", 대한토목학회지 제46권 제4호 pp 54 - 57.
- Adams E.E., Golomb D.S., & Herzog H.J. (1995), "Ocean disposal of CO<sub>2</sub> in intermediate depth", Energy Laboratory MIT
- Adams E.E., & Herzog H.J., (1996), "Environmental impacts of ocean disposal of CO<sub>2</sub> Volume 2 - Topical reports, Energy Laboratory, MIT Intergovernmental Panel on Climate Change, (1990), Climate Change - The IPCC Scientific Assessment. Report prepared for IPCC by Working Group I, Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, (1995), Working Group I contribution to the Second Assessment Report, "The Science of Climate Change", Cambridge University Press
- Nakashiki N., Oshumi T., & Katano N., (1995), "Technical view on CO<sub>2</sub> transportation onto the deep ocean floor and dispersion at intermediate depth" : Direct Ocean Disposal of Carbon Dioxide. Handa N. & Oshumi T., eds Tokyo Terra Pub. pp 183-194
- Liro C.R., Adams E.E., Herzog H.J., (1991), Modeling the release of CO<sub>2</sub> in the deep ocean, Technical report MIT-EL 91-002, Energy Laboratory, M.I.T
- Ormerod W.G., Webster I.C., Audus H., Riemer W.F., (1993), "An overview of large scale CO<sub>2</sub> disposal options", Energy Conversion and management, v. 34, pp 833-840
- Oshumi T., (1997), "CO<sub>2</sub> storage options in the deep sea", MTS journal, v. 29, pp 58-66
- Sakai H., Gamo T., Kim E.S., Tsutsumi M., Tankaka T., Ishibashi J., Wakita H., Yamano M., and Oomori T., (1995), "Venting of carbon dioxide-rich fluid and hydrate formation in mid-Okinawa trough Backarc basin", Science, v.248, 1093-1096