

사람은 왜 잠수하는가 바다에 녹는 탄산가스

崔 榮 博

〈高麗大學校 土木工學科 教授〉

사람은 어떻게 물속으로 들어가는가

▶ 인간의 잠수(潛水)역사

인류의 조상이라고 볼 수 있는 먼과거로 거슬러 올라가면 바다속에서 생활하는 지구탄생의 시대에 도착한다. 이때의 흔적(痕跡)이 나타내는 것과 같이 오늘날 인간의 생체내부는 해수와 같은 조성(組成)을 가진 체액(體液)으로 가득차 있다.

그런데 몇 천만년이나 끝없는 진화(進化)의 결과로 육상생활을 영위(營爲)하게 된 인간은 육상의 환경에 적응하게 되면서 바다속에서의 생활을 전혀 못하게 되고 말았다.

하지만 우리들 조상은 호기심에 가득차 거기에도 슬기로운 지혜를 가지고 있는 까닭에 소잠수(素潛水)라 하는 알몸에 의한 시초의 잠수방법으로 해중에서 재화(財貨)를 얻게 된 동시에 한편 바다속으로 잠수하는

것이 매우 어렵다는 것을 알게 되었다.

우리 인간의 조상은 언제부터 바다속으로 잠수하였을 것인가? 기록 수단을 갖지못한 인류의 조상들의 생활모습은 암석에 조각한 그림이나, 동굴내에 그린 벽화, 식사후 먹다 남은 밥등을 던져버린 패총(貝塚) 등에서 엿볼 수 있다.

세계에서 가장 오랜 기록으로서 지금부터 6만년전의 '네안테르탈' 인이 물속으로 들어가서 물고기를 잡는 모습이 프랑스 서남부의 '로루세' 동굴내에 그려져 있다. 이후에 '호모사피엔스'라 하는 오늘날의 현대인류가 탄생하고 1만년전부터 현대문명의 고고의 소리를 듣게 되었다.

기원전 8,000년이 되어 '북이라크'에서 처음으로 농경목축이 시작되었고 그리하여 선사시대가 구릉지대로 농경문화가 확대되어 기원전 3,300년경이 되자

'슈메루' 도시문명이 시작되었다.

이때부터 지중해나 홍해(紅海, 아라비아 반도와 아프리카 사이에 있는 내해)에서는 해면(海綿), 산호 및 진주 등을 채취하는 알몸의 원시 잠수 다이버(Diver, 잠수부)가 활약하게 되었다. 아시아 특히 일본에서도 기원전 9천년경부터 시작된 새끼줄무늬를 새긴 토기(土器)시대 패총의 유적지에서 인간이 알몸잠수방법에 의해 취집된 패각(貝殼)류가 발견되고 있다. 몇만년전에 용기있는 인간이 알몸의 원시잠수방법을 개발한 것이 오늘날까지 연연히 계속되어 왔다. 이와같은 잠수방법은 앞으로 인간사회에서 도태되지 않고 영구하게 이어질 것으로 생각된다.

한편, 인간은 희랍(그리스), 로마시대에 새로운 잠수방법을 창출하였다. '아리스토텔레스'에 의해 기원전 360년에

쓰여진「학문」이라는 책에 인간이 해중으로 들어가는 잠수장치를 개발하였다고 쓰여져 있다. 사실 아리스토텔레스의 교육으로 성장한 마케토니아의 아랙산도로스대왕은 기원전 330년의 26세의 나이에 유리로 된 큰 통속에 들어가서 바다속으로 잠수하였다고 한다.

그후 15세기의 문예부흥기가 되어 새로운 잠수방법이 고안되었다. 하지만 문예부흥기를 경계로 해서 우리인류는 이때에 탄생된 과학기술의 힘을 구사하여 근대문명의 기초를 조성하였다. 그 결과로서 잠수의 분야에서도 점차 새로운 잠수방법이 탄생하였다. 또한 잠수가 해중에서 큰 재화인 부(富)를 얻기 위한 수단으로써 유효하다는 것을 알게 되었다.

▶ 인간은 왜 잠수하는가?

인간이 해중으로 잠수하는 기술은 고대에서 현대까지 언제나

물속에서, 목적으로 하는 소정의 임무를 안전하게 하고 거기에다 이를 합리적으로 수행하기 위한 하나의 수단으로 개발하였다. 이 까닭에 오늘날에는 목적으로 하는 임무에 합치하는 잠수방법이 몇십종류로 개발되어 왔다.

이것은 예컨대 어업관계, 해난 등으로 침몰된 배의 인양 등 살베이지(Salvage), 수중토목공사, 해저유전의 개발, 항만공사, 레저용잠수 등으로 이에 적용하는 잠수방법이 개발되어 실용화가 피하여지고 있다.

잠수에는 먼저 목적으로 하는 임무가 있고 여기에 합치되는 잠수방법이 채용된다. 잠수에 있어서는 그 이역의 것은 성립되지 않는다. 왜냐하면 해중 환경은 인간과 같은 생물이며 언제나 변화를 하고 있다. 우리 인간이 해중에서 재화를 얻는다는 목적을 달성(수중작업의 완수)하기 위해서는 가장 효율성이 좋고 거기에다 안전성이 높

은 잠수방법을 선택해야 한다.

잠수(Diving)의 목적은 수중작업(Underwater Operation)을 수행하는 것이다. 수중작업이란 인간 또는 기계가 수중에 잠입(Penetration)해서 어떤 임무를 수행완료할 때까지의 것을 말한다. 이 까닭에 수중작업을 수행하자면 인간이나 기계가 수중에 들어가지 않으면 안된다. 오늘날 수중작업을 크게 나누어 보면 다음과 같은 절차에 따라 여러 방식이 수행되고 있다.

수중작업을 행하는 경우는 먼저 작업현장의 탐사(Explorations)를 행하고 이어서 보다 상세한 탐색(Searchs), 식별(Identifications), 조사(Investigation)가 시행될 뒤에 수중공사(Underwater Works)가 실시된다. 수중공사가 끝나면 수중검사(Underwater inspections)가 실시된다. 또한 수중공사 완료뒤에도 계속이어서 정기적인 유지보수(Maint-



사진-1 고대 그리이스의 해면 채취 잠수부



사진-2 BC 330년 마케토니아의 아랙산도로스대왕(26세)이 유리의 큰 통속에서 물속으로 들어가 해저를 보고 있는 모습

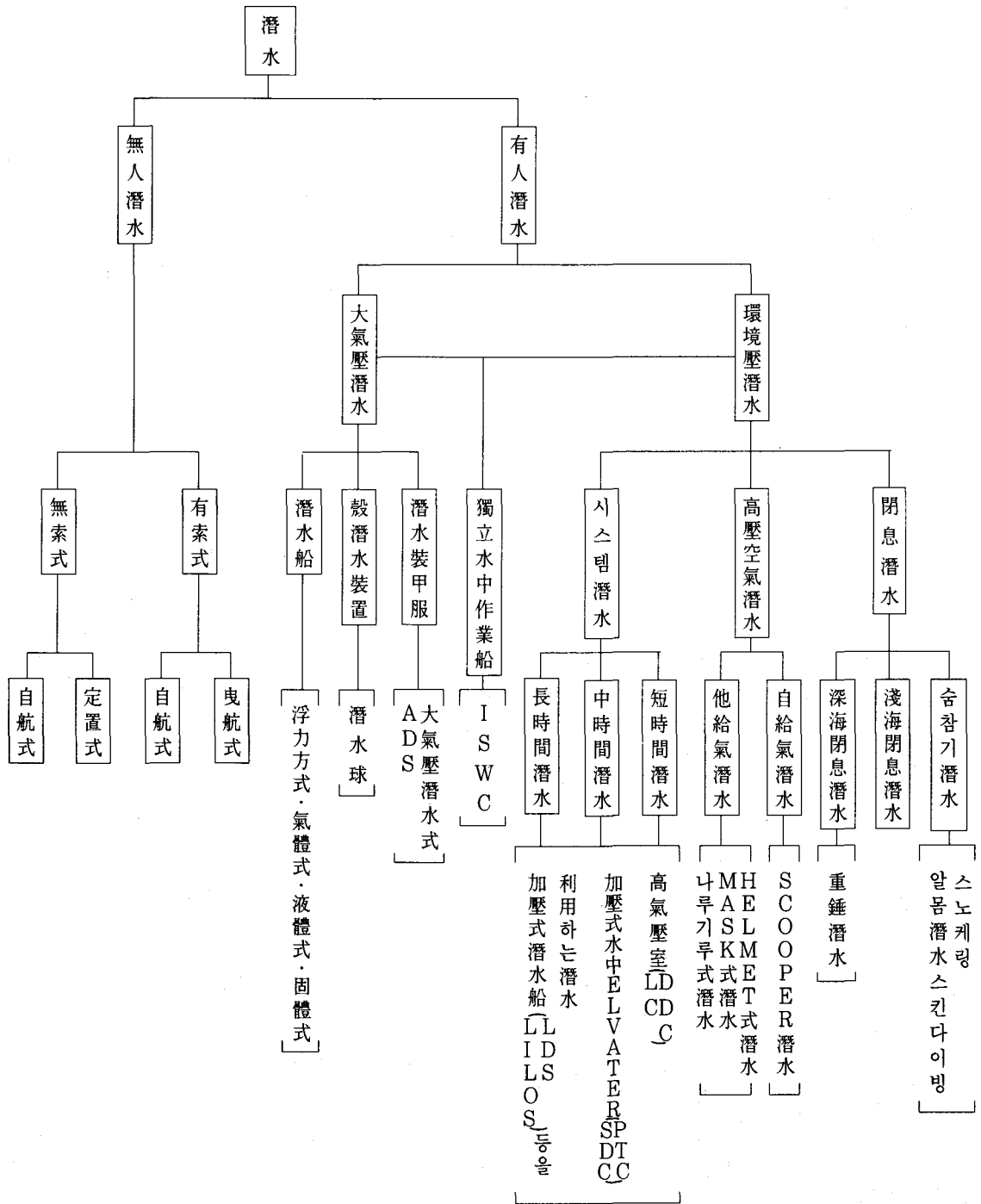


그림-1 각종의 수중작업에 사용된 잠수방식

enance) 즉, 보수(Repair), 정비(Reconditionings)가 작업현장에서 실시된다.

수중작업을 효율성 있게, 거기에다 안정적으로 수행하기 위해서는 수중이라는 환경이 인간이나 기계에 대해 나타내는 공통의 원리를 파악해 두어야 한다. 이것에는 다음과 같은 것이 있다.

(1) 수중에서 유효한 물리적 힘을 발휘하는대는 아르키메데스(Archimedes)가 발견한 부력(浮力)이외의 힘은 모두 육상에서 지참해가지 않으면 안된다.

(2) 수중에서 절대위치를 측정하는 방법이 없으므로 수중작업을 실시하는 장소의 절대위치(수면)와 상대위치(물밖)의 측정값의 오차의 범위를 1~5m로 되도록 잡지못하면 반복하여 수행하는 수중공사는 이룩될 수 없다.

(3) 수중작업에 참여하는 사람에 대한 구급치료는 물론이지만, 기계에 대해서도 그 잠수지원 작업현장(수면)에서 수리·보수정비, 기능회복이 가능한 잠수의 과학기술(특히 수중기계는 단순하며 단단하고 거기에다 소프트웨어(Software)와 하드웨어(Hardware)를 가질 것)를 실용화 해두어야 한다.

(4) 수중작업을 효율적으로 거기에다 안전하게 수행하기 위해 개개 수중작업에 가장 적합한 합리적인 잠수방법의 선택에 착오가 있어서는 안된다.

(5) 잠수부(Diver)는 잠수규정을 정확히 지키지 않으면 잠수장해를 야기하게 된다.

(6) 잠수라 하는 과학지식을 갖지못하고 수중작업을 하면 낭비가 많고 거기에다 합리적인 작

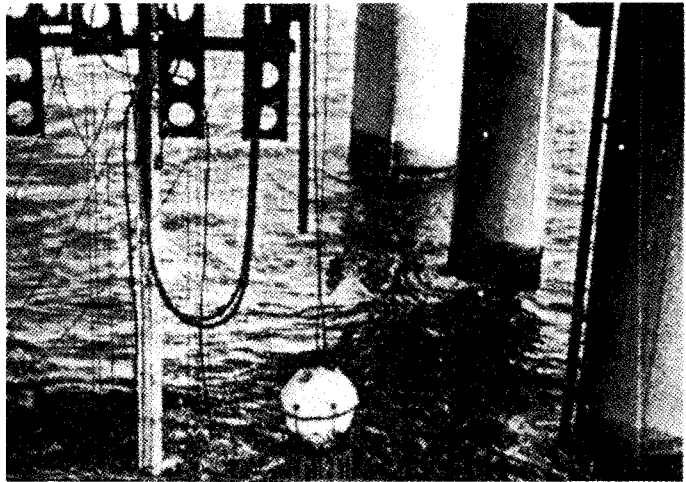


사진-3 해저유전굴삭선에서 수중작업을 위해 침강된 수중엘리베이터

업의 수행이 불가능하다. 또한 이와같은 상황아래에서는 혁신적인 기술도 창출되지 못한다.

이상과 같은 여러조건이 충족됨으로써 인간과 기계가 유기적으로 결합되고 비로소 수중작업은 안전하게 수행되고 초기의 목적을 달성할 수 있다.

인간에 의해 개척된 잠수의 세계는 근자에도 일진월보하고 있다. 해중활동이 진전됨으로써 앞으로의 미래에도 탄생될 것으로 전망된다.

불어나가는 탄산가스

▶ 하와이 '마우나로아'의 관측

지구규모의 넓이를 가지고 있는 환경문제를 한 마디로 표현하면 "중소규모의 발생원, 저수준, 영향평가의 장기적 전망이 필요한 것"라고 말할 수 있다. 특히, 대기중의 탄산가스(이산화탄소, CO₂)의 증가는 환경문제의 '첵피언'이다. 그림-2는 한때 매우 유명해서 TV

나 지면을 통해 알게 된 1958년의 하와이섬 '마우나로아'에서 관측한 바 있는 대기중의 탄산가스의 월평균변화이다.

탄산가스의 월평균농도(ppm, 무게로서 100만분의 1)는 4,5월에 최고 값이 되고 9월중순에 최저 값이 되는 연변화를 나타내면서 해마다 1ppm씩 늘어나고 있는 것이다. 구체적으로 수치로서 나타내면 1956년에 341ppm의 값인 것이 22년이지난 1978년에는 334 ppm으로 늘어났다. 이와같은 결과는 오랜기간 착실한 조사에 의하여 비로소 명확하게 되는 것으로 오늘날의 환경문제의 단면을 상징적으로 나타내는 것이다.

그런데 대기중에 탄산가스가 증가하면 어떤 영향이 나타나고, 증가된 CO₂는 어떤 운명을 경유할 것인가.

전자에 관해서는 정직하게 이야기해서 어느 하나도 명확하게 밝혀지지 않고 있다. 하지만 많은 수치계산으로 2020년경에는 CO₂의 농도가 오늘날의 2

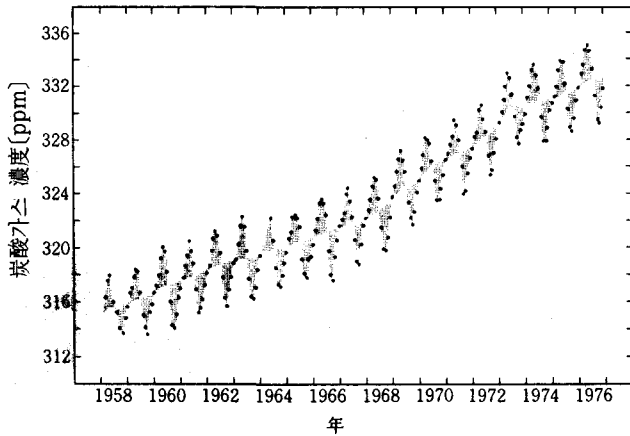


그림-2 하와이섬 '마우나로아'에 있어서 공기중의 CO₂의 증가

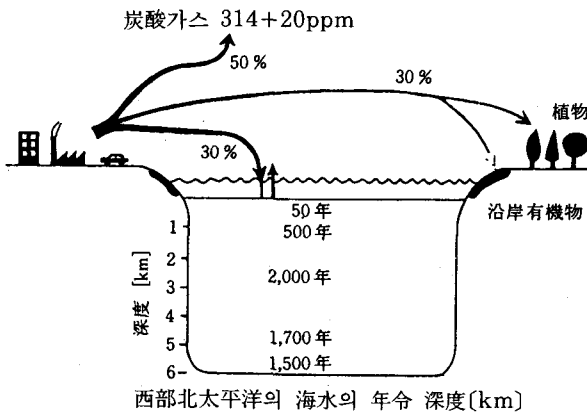


그림-3 人間活動에 의한 炭酸가스의 放出과 그 行방

배가 된다고 한다.

지구의 평균기온을 2℃정도 상승시킬 것이라고 보고 있다. 현상태로서는 인류에 의한 화석연료(化石燃料)의 소비를 억제하지 못한 그대로 해마다 정확하게 농도의 증가가 실측되고 있다.

그림-2는 무서운 느낌을 주며 “너희들 인류는 이 우주선·지구호를 어떻게 할 작정인가”

라는 문제를 던지는 것 같다고 생각된다.

▶ 계절변화

여기서 CO₂의 증가에 수반해서 지금까지 밝혀진 것을 정리해 보고 싶다. 빠져린 비난이 될지 모르나 인간활동에 의해 야기된 여러 환경문제의 영향을 상세하게 연구함으로써 지구상에 있

어서 물질이동에 관하여 지금까지 해결되지 못한 문제가 실증적으로 해명된 것이 적지 않다.

예컨대 핵(核)실험에 의해 지구상에 드문드문 뿌린 방사성 핵종의 운명을 조사해보면 대기에 의한 물질의 수송, 심해(深海)에의 방사성 핵종의 이행(移行)에 관한 상세한 사실이 밝혀지고 있다. CO₂에 대하여도 인류가 화석연료를 사용한 후 어느만큼이 대기중에 남아있는가 또한 남은 것은 어디에 매몰되었는가, 대기중의 CO₂의 변화는 무엇에 의해 야기되는가 등의 해결해야 할 문제가 나왔다.

먼저 그림-3에서 볼 수 있는 CO₂ 농도의 계절변화를 살펴보기로 한다. 현재 대기중의 CO₂의 측정을 세계 여러 곳에서 실시하고 있다. 먼저 연간의 최저값은 여름으로 이것은 식물의 활발한 광(光)합성에 의한 탄산가스의 이용에 의해 야기된다. 이 영향을 비교적 강하게 받는 것은 육지 북위 70도, 서경 156도에서 8월에 CO₂의 극소값이 나타난다. 또한, 해발 3,400m에 위치하는 하와이섬의 마우나로아(북위 20도, 서경 156도)에서 9월중순, 남극점(해발 2,800m)에서는 2월중순으로 간격을 두고 나타난다. 이와같은 최저값을 볼 수 있는 계절의 간격은 다음과 같이 설명된다.

먼저 북반구 중위도에서는, CO₂가 적게된 대기는 남북의 자오선(子午線) 방향에 연하는 대기의 수송에 의해 1개월만 지나서 하와이섬 상공에 도달하고 나아가서는 5.5개월 걸쳐서 남극점에 도달하는 까닭이다.

북반구와 남반구의 대기의 혼

합속도에 관하여는 지금까지 이론계산에 의한 것이 거의 대부분이었으나 지구규모의 대기중 CO₂의 변동을 관측함으로써 이 혼합시간의 규모가 밝혀졌다.

▶ 탄산가스(CO₂)의 간 곳과 바다

지구 표면층에 있어서의 탄소의 분포를 보면 탄산가스의 60배에 상당하는 양이 중탄산의 형태로 해양에 존재하고 있다. 이 까닭에 화석연료의 소비에 의해 공기중으로 방출된 탄산가스의 대부분은 바다에 녹아 들어가 있는데 이는 심각한 문제는 아니라고 생각된다. 하지만 바다는 탄산가스를 효율적으로 흡수하고 있지 않음을 알게 되었다.

그림-2에서 보는 바와 같이 해마다 1ppm의 CO₂의 증가중 인류가 화석연료의 소비에 의해 대기중으로 방출시킨 CO₂가 대기중에 남아있는 양의 약 50%에 상당하는 것이 밝혀졌다.

그러면 왜 바다는 우리들이 기대하는 정도의 CO₂를 흡수하지 않고 있는가. 그림-3에서는 방사선탄소 ¹⁴C에서 추정하는 서부태평양의 해수의 연령을 대충 정리하고 있다. 500m보다도 깊은 바다의 물은 1,000년 이상의 연령을 나타낸다고 본다. 이와같은 것에서 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 「평균깊이가 3,700m의 해수중 거의 표면층의 해수만이 현시점에서 대기중의 CO₂와 접촉하는데 불과하며 전해양의 해수가 대기와 접촉하기 위해서는 적어도 수백년에서 2,000년은 필요하다」는 것이다.

과연 바다는 CO₂의 흡수를 수행하는 큰 능력을 보유하고 있으나 우리들이 당면하는 시간 범위에서의 문제를 응답해주지 못하는 점이다.

인류가 화석연료를 사용함으로써 대기중에 방출되는 CO₂의 갈 곳은 어떻게 조사해야 하는가.

탄소에는 대부분을 차지하는 질량(質量)12의 것 즉 ¹²C외에 질량수가 13과 14의 동위체(同位體)가 존재한다. 그 중에서 ¹⁴C는 반감기(半減期)가 약 5,500년의 방사성 동위체로서 우주선에 의해 ¹⁴N에서 일정한 비율로 만들어 질 수 있다. 이에 대해 석유나 석탄중에서는 이 ¹⁴C는 완전히 없어져있는 까닭에 화석연료에서 나온 CO₂는 공기중의 ¹⁴C 농도를 뭉개하는 것이 된다. 또한 대기중의 탄산가스의 ¹³C의 함유량은 해양중의 HCO₃⁻와 일종의 평형(平衡) 관계에 있고 탄산가스의 ¹³C 함유량은 HCO₃⁻로 조금 적게되어 있다.

한편, 식물이 광합성을 행할

때는 선택적으로 ¹²C를 식물체중에 농축하여 ¹³C의 함유량은 매우 낮게된다.

따라서 ¹⁴C 일때와 마찬가지로 화석연료에서 생성한 탄산가스는 대기중 CO₂의 ¹³C의 함유량을 감소하는 것이 된다. 이 ¹⁴C, ¹³C가 이 반세기 사이에 어떻게 감소했는가를 조사하기 위해 큰 나무의 연륜(年輪), 산호의 성장에 따르는 탄산칼슘(CaCO₃)중의 ¹⁴C나 ¹³C 혹은 직접 대기중의 탄산가스의 양동위체의 변화를 측정하는 등의 방법을 취한다. 이와같은 실험의 결과에서 20세기 인류가 방출한 CO₂의 50%는 대기중에 잔존하고 20%는 광합성에 의해 유기물이 되고 나머지는 해양에 용해한다고 추정되고 있다.

만약, 이 나머지 부분, 즉 전체의 30%가 바다에 녹아 들어간 것이 사실이라면 극히 표면층의 해수만이 대기와 접촉하는 것이 되는 것이므로 바다는 그 나름대로 탄산가스를 흡수하고 있다고 생각된다. ㉠

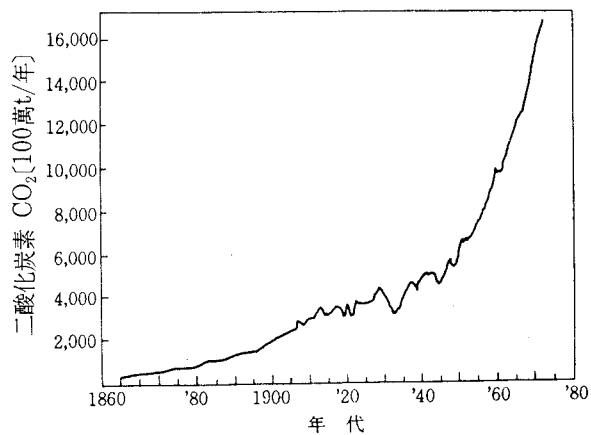


그림-4 化石燃料 및 시멘트에서 만들어지는 CO₂의年間生産量の推移