



小出 仁 (1990) 地中へのガス状廃棄、小宮山 宏 監  
修：地球温暖化問題ハンドブック、株式会社アイピーシ  
ー、p. 345-347

#### 4.1.2 地中へのガス状廃棄 小出 仁

金星の大気の97%をしめる $\text{CO}_2$ が、地球の大気ではたった0.03%含まれているに過ぎないのは、生物の作用により、炭酸塩あるいは有機物として地中に吸収されているためである。海水中には、大気中の $\text{CO}_2$ の約60倍の炭素分が溶け込んでいるが、地中には、大気中の $\text{CO}_2$ の約10万倍もの炭素分が含まれている (Berner and Lasaga, 1989)。大気中の $\text{CO}_2$ の約2万倍程度が堆積物中の有機物として埋没しているが、そのうちのごくわずか (大気中の二酸化炭素の約5.5倍程度) が、石油・石炭・天然ガス等の化石燃料あるいは、工業原料として人間に利用されうる (Berner and Lasaga, 1989)。化石燃料として使われた炭素分のほとんどが炭酸ガスとして放出され、大気中の $\text{CO}_2$ 濃度を増加させ、地球温暖化の主因になっているとされている。

このような状況から、大気中の $\text{CO}_2$ の増加を抑制するために、人為的に地中から取り出された炭素分を、再び地中に戻すことは、もっとも自然な対策として考えられる。地下から採取される天然ガス中に、通常、多少の $\text{CO}_2$ が含まれるが、時に高濃度の $\text{CO}_2$ が含まれていることが

あり、ほとんどがCO<sub>2</sub>という例さえある。また地下水中にも多量の高濃度の二酸化炭素あるいは重炭酸イオンが溶け込んでいることがある。このような例は、地下に大量のCO<sub>2</sub>をガス状ないし水溶液として貯蔵できる可能性があることを示している。

天然ガスの地下貯蔵は米国等で、大規模に実施されている。夏期等のガスの需要の少ない時期に地下に貯蔵し、冬期等の需要の多い時期に排出して、供給不足をおぎなう。米国で、1979年には、399個所で2,120億m<sup>3</sup>のガスが貯蔵されている(Katz and Tek, 1981)。石灰岩中の天然空洞や鉱山跡、あるいは岩塩中に作られた空洞に貯蔵されることもあるが、枯渇した、ないしは枯渇しかけたガス田または油田が用いられることが多い。既存のガス田には、天然ガスを大量に貯え、かつ逃がさないような貯蔵に好適な地下構造があり、その上に、施設や調査資料も活用できるためである。日本においても新潟県の関原ガス田で天然ガスの貯蔵が行われている(牧、1973)。既存のガス田ではなくても、ガスの貯蔵に好適なドーム状背斜構造等地下構造があり、ガスが漏洩し難い緻密な粘土質岩等のキャップロックの下に孔隙率が大きくて浸透率も大きい砂岩等の地下水貯留層があるような場合も、天然ガスの地下貯蔵を行うことができる。

地下の既存の空洞や枯渇ガス・油田にCO<sub>2</sub>をガス状のまま圧入する方法は、コストと容量の点で有望な処分法と考えられる。しかし、エネルギー源としての化石燃料の使用量は膨大であるから、排出される二酸化炭素の量も膨大である。1987年の二酸化炭素排出量(炭素換算)は、日本だけで2.4億トン、世界では約52億トンに達す

る（環境白書）。CO<sub>2</sub>ガスとしての容積では、少なくとも、日本だけで約4,000億m<sup>3</sup>、世界では9兆m<sup>3</sup>に達する。日本で最大級の新潟県の吉井・柏崎ガス田でも可採天然ガス埋蔵量としては120億m<sup>3</sup>にすぎない。日本のガス排出量だけで、米国の天然ガス地下貯蔵所が半年で満杯になる。

しかし、CO<sub>2</sub>の地下処分の場合は、天然ガスの貯蔵の場合と異なり、再取り出しの必要はない。さらに、CO<sub>2</sub>自体は、温暖化効果以外では、特に有害な物質ではない。したがって、天然ガスの貯蔵には不向きな地下構造でも、広く処分場として使用できる。規模の大きい緩い背斜構造で、孔隙率が大きく浸透率も大きい厚い地下貯留層があり、その上位を浸透率のやや低い連続性のよい層が覆っているケースがCO<sub>2</sub>処分場としてもっとも好ましい。ただし、CO<sub>2</sub>自体は有毒ではないといえ、水資源としては利用される可能性のない地下水層に処分すべきであろう。塩水化した地下水層は、用水として利用されないのが、最適である。塩水化した地下水層は、沿海部や周辺海域の堆積盆および地下深部に広範に広がっている。

地下水層には、通常、有効地下水面からの深さに応じた水頭圧が加わっている。例えば、深度100mで約10気圧、深度1,000mで約100気圧となる。ただし、不透水層下では、静水圧を越えている地下水圧が作用していることもある。地下水を排除してガスを圧入するためには、地下水圧以上の圧力を加える必要がある。理想気体であれば、一定温度下では、圧力と容積の積が一定になる。実際の気体では、一定にはならないが、圧力にほぼ反比例して容積が圧縮される。また、地下水のpH等の化学的性質に

よって大きくかわるが、圧力下ではCO<sub>2</sub>は水に多量に溶解する。比較的浅い堆積層中の地下水に、メタンガス等が静水圧下で溶解している水溶性天然ガス鉱床が関東地方等で広範に存在する。トラップする地質構造がなくても、CO<sub>2</sub>も静水圧下で相当量溶解しうる。

高圧で、地下深部まで達するようにCO<sub>2</sub>ガスを圧入すれば、処分の容積効率は急速に良好になる。その代わりに、ガスの圧縮のためのエネルギーを多く消費する。前節等で解説されているように、何らかの方法でCO<sub>2</sub>を固定化すれば、容積は非常に小さくなり、地下空洞等に埋没できるが、そのためのコストがさらに加わる。地下にガス状処分するためには、必ずしもCO<sub>2</sub>を高純度分離する必要はない。どの程度分離するかは、容積効率と環境への影響を考慮して決める必要がある。この考え方を進めると、例えば、火力発電所の廃ガスを最小限の処理をただだけで、塩水地下水層に圧入し、地層をフィルターとして使うことも考えられる。周辺海底の堆積層は容積的にも大きく、処分場として適している。しかし、この場合も、圧入されたガスの地下での挙動をよく検討し、環境への影響が小さいことを確かめる必要がある。地中へのCO<sub>2</sub>のガス状廃棄処分に関しては、まだほとんど科学的・技術的検討がなされていない。しかし、経済的に大量の処分ができる可能性があり、環境への影響も比較的小さいと期待されるので、有望な処分法といえる。ガス状廃棄物の地中処分を実用化するためには、今後、地下における地下水およびガスの挙動について詳細に研究する必要がある。

## 参考文献

- 1) Berner, R. A. and Lasaga, A. C. (1989) 地球化学的な炭素循環モデル(脇田宏訳) 別冊サイエンス93 破壊される地球環境、日経サイエンス社、p. 18-26.
- 2) 環境庁編(1990) 平成2年度版 環境白書、総説、大蔵省印刷局、222p.
- 3) Katz, D. L. and Tek, M. R. (1981) Overview on underground storage of natural gas, Jour. Petroleum Technology, p943-951.
- 4) 牧 康行 (1973) 天然ガスの地下貯蔵、日本の石油鉱業と技術、石油技術協会、p. 409-421