

1. 二酸化炭素海底下地層貯留をめぐる動向と利用の在り方

(1) ロンドン条約及び96年議定書の概要

「1972年の廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約」(以下「ロンドン条約」という。)は、陸上発生 of 廃棄物の投棄による海洋汚染の防止を目的とした条約であり、1972年に採択され、1975年に国際発効している。我が国は、同条約に1973年に署名し、1980年に加入書を寄託した。同条約の締約国数は平成18年11月30日現在、81カ国である。

その後、海洋投棄に関する規制の強化を目的に「1972年の廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約の1996年の議定書」(以下「96年議定書」という。)が1996年11月に採択された。96年議定書は、ロンドン条約の締約国15カ国を含む26カ国以上の批准または加入の後、30日目に発効することとされており、2006年3月24日に国際発効したところである。96年議定書の締約国数は平成18年11月30日現在、30カ国である。

96年議定書は、海洋投棄¹及び洋上焼却を原則禁止とし、海洋投棄を検討できるものを限定列挙する方式を採用するとともに(附属書I)、海洋投棄する場合にはその影響の検討等に基づいて許可を発給すること(附属書II: 廃棄物評価フレームワーク(以下「WAF」という。))を義務付けている。なお、附属書IIの実行ガイダンスとして、廃棄物評価ガイドライン(以下「WAG」という。)が定められており、具体的には、一般的な廃棄物評価ガイドライン(一般WAG)及び個別品目毎の評価ガイドライン(品目WAG)が定められている。

(2) 96年議定書附属書I改正に関する動向

2006年4月28日、オーストラリアにより、「96年議定書附属書Iに定める投棄可能な廃棄物その他の物」として、海底下地層に貯留される二酸化炭素流²を追加すること等を内容とする議定書改正案が提案された。同改正案はフランス、

¹ 96年議定書では、「海洋」は「海底下」を含むと定義されている。

² オーストラリア提案の改正案が採択された結果、96年議定書附属書Iに“Carbon dioxide streams from carbon dioxide capture processes for sequestration”が追加された。「二酸化炭素流」は“carbon dioxide streams”を翻訳した用語である。なお、本報告書において、貯留後及び漏洩する二酸化炭素について論ずる場合、正確には、①分離・回収プロセス及び原料に起因し偶発的に含まれる物質、並びに②海底下に存在する物質が共存することが想定されるが、これらの物質は量的には微量と考えられるため、便宜上、単に「二酸化炭素」と記述している。

ノルウェー及びイギリスによる支持を受けたものである。同改正案は、2006年10月30日から11月3日にかけて開催されたロンドン条約第28回締約国会議・96年議定書第1回締約国会議において検討が行われ、同改正案が採択された。附属書の改正は、採択後、100日で効力を生じることと定められていることから、本附属書改正は2007年2月10日に効力を生じることとなる。

(3) 国内における 96年議定書附属書I改正への対応

我が国では、ロンドン条約の求めるところを、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」(昭和45年法律第136号。以下「海洋汚染防止法」という。)及び「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」(昭和45年法律第137号)に取り込み、廃棄物等の海洋投棄及び洋上焼却処分の適切な管理を行ってきたところである。

96年議定書の採択を踏まえ、我が国においても同議定書を締結すべく、海洋汚染防止法の一部改正(平成16年法律第48号)等国内担保制度の整備を進めてきており、同改正法は平成19年4月1日より施行されることとなっている。

今般、96年議定書附属書Iが改正され、投棄可能な廃棄物その他の物として海底下地層に貯留される二酸化炭素流が追加されたことから、我が国としても、地球温暖化対策としての二酸化炭素海底下地層貯留の利用とその海洋環境への影響防止の在り方について検討を行うこととした。

(4) 二酸化炭素回収・貯留 (CCS: Carbon Dioxide Capture and Storage) 技術

① 概要

CCS技術とは、二酸化炭素大規模排出源(例えば発電所や天然ガス鉱山等)で発生する二酸化炭素を他のガスから分離・回収し、安定した地層に貯留又は海洋に隔離することにより、二酸化炭素を大気から長期間隔離する技術である。

CCSの形態は、大きくは「地中貯留」と「海洋隔離」に区分され、また、「地中貯留」には、本専門委員会の審議事項である「海底下地層貯留」の他、「陸域の地層貯留」が含まれる。ただし、海底下地層貯留と陸域の地層貯留とを区分せずに「地中貯留」として説明している場合があることから、本報告書において「地中貯留」とした場合には、「海底下地層貯留」と「陸域の地層貯留」とを含むものとする。

地中貯留において貯留される二酸化炭素流は、圧入井から高圧で地層中に注入される。二酸化炭素は常圧・常温では気体であるが、7.39メガパスカル（約73.9気圧）以上、31.1℃以上では液体でも気体でもない超臨界流体となる。超臨界流体の二酸化炭素は、液体に近い溶解性（気体よりも溶けやすい）や密度（気体よりも密度が大きい）を持ち、また気体に近い拡散性（液体よりも拡散しやすい）を持つため、より多くの二酸化炭素を貯留層内部に安定的に浸透させることができる。貯留地点として想定される地下1,000m付近（海底下の場合は、水深と海底下の深度の合計で1,000m付近）では、約100気圧、約35℃になることから、二酸化炭素は超臨界状態で貯留されることとなる。

二酸化炭素地中貯留に関する技術は、分離・回収、運搬、圧入及び貯留という一連のプロセスからなる。二酸化炭素地中貯留の対象としては、枯渇油層及びガス層、帯水層（深部塩水層）並びに炭層が検討されている。

② 二酸化炭素地中貯留の利用動向

海外においては、既に実用規模の二酸化炭素地中貯留プロジェクトが実施されている。最大規模のものでは、ノルウェーの石油・天然ガス採掘を行う企業が1996年から北海において実施している Sleipner（スライプナー）プロジェクトがあげられる。同プロジェクトでは、海底下地層から採掘された天然ガスに随伴する二酸化炭素を分離・回収し、年間100万CO₂トン、2004年までの累積貯留量では700万CO₂トンを超える二酸化炭素を近傍の海底下帯水層に貯留している。また、オーストラリア西部の大規模ガス開発事業では、天然ガスに随伴する二酸化炭素を分離・回収し、別途帯水層に貯留することが計画されている（Gorgon（ゴルゴン）計画）。本計画内容に基づいて実施された環境影響評価においては、二酸化炭素流の貯留地点、監視計画等の検討が行われている。

一方、国内では、経済産業省の補助事業として、新潟県長岡市において（財）地球環境産業技術研究機構（RITE）による二酸化炭素の帯水層貯留の実証試験が行われている。本実証試験では、平成15年7月からの18ヶ月間で合計約1万CO₂トンの二酸化炭素が地下約1,100mの帯水層に貯留された。現在、観測井等による貯留後のモニタリングが継続的に行われている。また、北海道夕張市においては、二酸化炭素の炭層貯留の研究開発が行われている。

③ 二酸化炭素分離・回収技術

二酸化炭素地中貯留の一連のプロセスにおいては、より環境負荷の少ない特性を持つ二酸化炭素を分離・回収するとの観点から、二酸化炭素分離・回収に

係る技術が特に重要である。貯留される二酸化炭素流は、化石燃料の燃焼過程等から生じる排ガスを処理して、化学吸収法などを用いて分離・回収する。二酸化炭素分離・回収は、主としてエネルギー関連施設を含む大規模工業施設において実施されると想定される。現在、実用化及び研究段階にある燃焼過程における分離・回収技術は複数あり、燃焼後、燃焼前及び酸素燃焼の3つの形態に分類される。回収後の二酸化炭素流に含まれる不純物の種類・量は、燃料の種類別、性状、燃焼法、回収技術によって異なる。

二酸化炭素分離・回収の実施には、追加的なエネルギーが必要とされる。なお、分離・回収に係るコストは、二酸化炭素地中貯留全体のコストの多くを占めており、当該技術の省エネルギー化、コスト低減等が課題となっている。

④ 監視（モニタリング）技術

二酸化炭素海底下地層貯留においては、貯留層から二酸化炭素の漏洩がないことを監視するとともに、海洋環境の変化の程度を監視することが必要である。

貯留層における二酸化炭素の監視手法としては、観測井等における圧力・温度等の観測、及び地震探査、音波探査、電気探査等があげられる。

海洋中の二酸化炭素濃度の監視手法としては、サンプリングによる計測があげられる。連続的な監視については、センサーを用いて二酸化炭素濃度やそれに伴う pH 低下などをモニターし、データを伝送する技術の開発が検討されている。

(5) 二酸化炭素海底下地層貯留の環境影響

① 海水中の二酸化炭素濃度

海水中のバックグラウンドの二酸化炭素濃度については、気象庁により冬季における東経 137 度線、北緯 7～33 度の海域で行われた大気中及び海表面の二酸化炭素分圧 ($p\text{CO}_2$) の観測結果から判断すれば、2005 年における我が国の海域とその周辺海域における $p\text{CO}_2$ は概ね 340ppm^3 程度と考えられる。(ただし、 $p\text{CO}_2$ は水温の他、生物生産の大きな海域や鉛直混合の盛んな海域においては日周変動、季節変動によっても変動する。)

3 本報告書では、海水中の二酸化炭素分圧について、本来用いられるべき圧力の単位である μatm (百万分の一気圧) を用いず、便宜的に体積比 (ppm, 百万分の一) で示した。海水と平衡にした空気中の二酸化炭素体積比と二酸化炭素分圧は、ほぼ等しくなる。