

DNE21+モデルの概要 二酸化炭素回収貯留 (CCS)

1. はじめに

二酸化炭素回収貯留 (CCS) は、CO₂ を分離・回収、輸送、貯留・隔離という形態をとる。DNE21+モデルでは、それぞれにおいて主要なプロセスをモデル化している (図1)。

DNE21+モデルでは、分割している77地域間において、回収したCO₂の輸送 (パイプラインもしくは液化タンカーによる) が可能なようにモデル化しているが、一部の国のみには厳しい排出制約がかかる場合、CO₂を排出制約のない隣国に輸送し、そこでリリースすることが物理上可能となる。しかし、現実にはそのようなことは理にかなわないので、このようなモデル解を排除するため、DNE21+モデルによる多くの分析においては、回収したCO₂が国境を跨いで輸送することはできないものとして分析している。ただし、1国内をさらに地域分割している地域については国境を越えない範囲でCO₂の地域間輸送は可能としている。

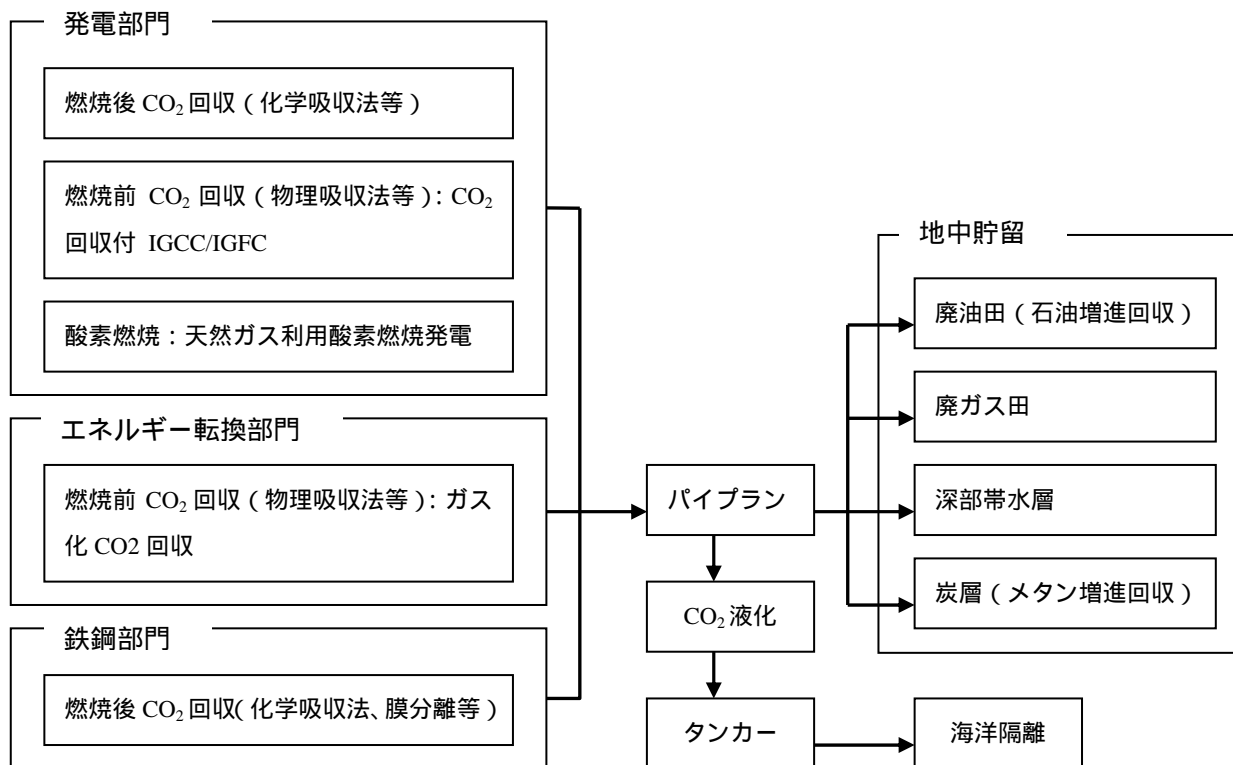


図1 DNE21+における CCS のモデル化

2. CO₂分離・回収

CO₂分離・回収については、発電、その他エネルギー転換部門、鉄鋼部門の各部門で想定しており、各部門の項において説明を記載しているが、表1にはCO₂分離・回収の想定の概要を示す。

セメントや紙パなどの部門においても、CO₂分離・回収が検討されてはいるが、比較的小さい規模が多く、実際の適用は非現実的なケースが多いと考えられる。よって、DNE21+モデルではこれらの部門におけるCCSは想定していない。

表1 各種CO₂回収プラントの設備費、必要動力、CO₂回収率の想定

	設備費 [US\$/kW]	発電効率 [LHV %]	CO ₂ 回収率 [%]
CO ₂ 回収付IGCC/IGFC	1,700 – 1,325	34.0 – 51.0	90 – 99
天然ガス酸素燃焼発電	1,495 – 1,245	40.7 – 50.7	90 – 95
	設備費 [US\$/(tC/day)]	必要電力量 [MWh/tC]	
石炭発電からの燃焼後CO ₂ 回収	59,100 – 52,000	0.792 – 0.350	90
天然ガス発電からの燃焼後CO ₂ 回収	112,500 – 100,000	0.927 – 0.719	90
バイオマス発電からのCO ₂ 回収	112,500 – 100,000	2.588 – 1.144	90
ガス化CO ₂ 回収	14,500	0.801	90 – 95
製鉄所高炉ガスからのCO ₂ 回収	70,620 – 57,600	0.730 – 0.550	90

3. CO₂貯留・隔離

CO₂貯留・隔離オプションとしては、大きくは地中貯留（海底下を含む）と海洋隔離に区分できる。地中貯留は、更にいくつかのオプションに区分でき、DNE21+モデルにおいては、廃油田（石油増進回収）、廃ガス田、深部帯水層、炭層（メタン増進回収）の4つのオプションを明示的に考慮している。

(1) 廃油田（石油増進回収）

廃油田にCO₂を注入して、石油をより多く回収する方法は、石油増進の目的で既に利用されている。油田にCO₂が貯留されるため、CO₂削減オプションとしても期待できる。

図2に地域別の廃油田へのCO₂貯留ポテンシャルを示す。

CO₂を1 tC注入すると、1.12 toeの石油が増進回収できるものと想定した。増進回収された石油は通常の石油と同様、エネルギー利用できるものとした。

世界全体での貯留ポテンシャルは、30.7 GtC（112.4 GtCO₂）と想定した。

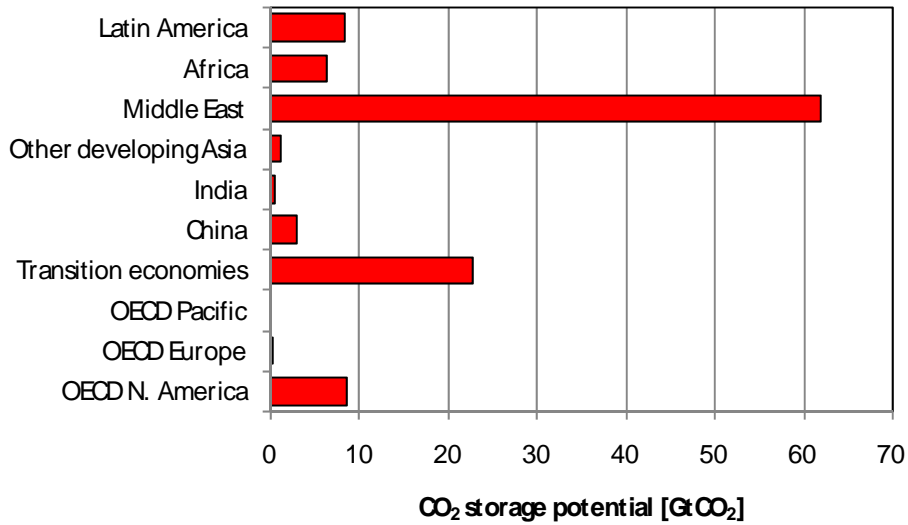


図2 廃油田（石油増進回収）のCO₂貯留ポテンシャルの想定

(2) 廃ガス田

元々、天然ガスが存在した廃ガス田は、CO₂貯留に適した地質構造と考えられる。本オプションは、天然ガス採掘が終わったガス田でCO₂貯留を行うものである。

図2に地域別の2000年時点における廃ガス田へのCO₂貯留ポテンシャルを示す。これは、過去の累積の天然ガス生産量から算定したものである。

2000年時点における世界全体での貯留ポテンシャルは、40.2 GtC (147.3 GtCO₂)と想定した。

ガス生産が進むにつれて廃ガス田が増加するので、それに伴い、廃ガス田へのCO₂貯留ポテンシャルも増加し得る。天然ガス1 toe 生産すると、0.83 tCのCO₂貯留ポテンシャルが増大するものとした。

全ガス田の生産が行われた際には、181.5 GtC (665.5 GtCO₂)の貯留ポテンシャルが生まれるものと想定した。

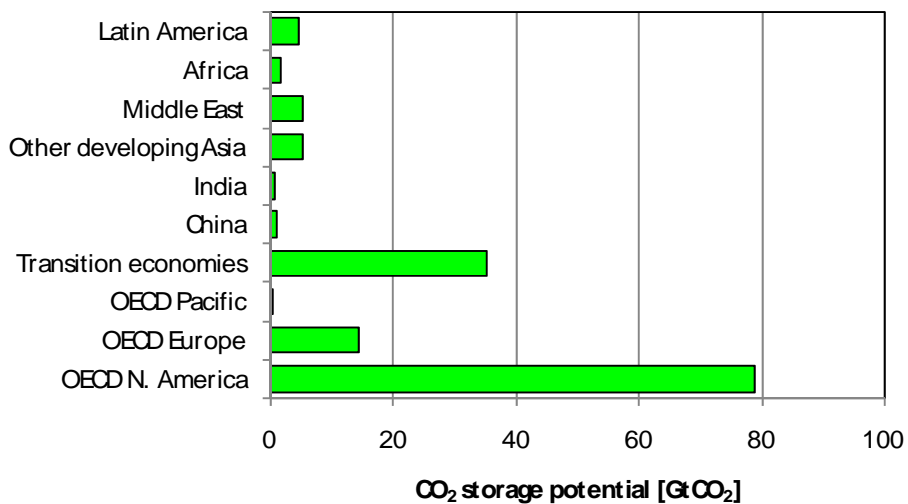


図3 2000年時点における廃ガス田のCO₂貯留ポテンシャルの想定

(3) 深部帯水層

米国地質調査所 (USGS) の堆積盆地の GIS データを基に帯水層への理論的な CO₂ 貯留ポテンシャルを推定。しかしながら、断層、地上建造物など様々な制約から、理論的ポテンシャルのすべてを利用することは実際には不可能であるため、理論的ポテンシャルのうち、陸域の 10%、海域の 20% を実際のポテンシャルとし、これを DNE21+ のモデル前提条件として利用した。(Akimoto et al., 2004, “Role of CO₂ Sequestration by Country for Global Warming Mitigation after 2013,” GHGT7)

図 4 に、推定された深部帯水層における CO₂ 貯留の理論的ポテンシャルの地域分布を示す。

図 5 に、地域別の深部帯水層における CO₂ 貯留の実際のポテンシャルを示す。

世界全体での深部帯水層貯留の実際のポテンシャルは 856.4 GtC (3140.1 GtCO₂) と想定した。

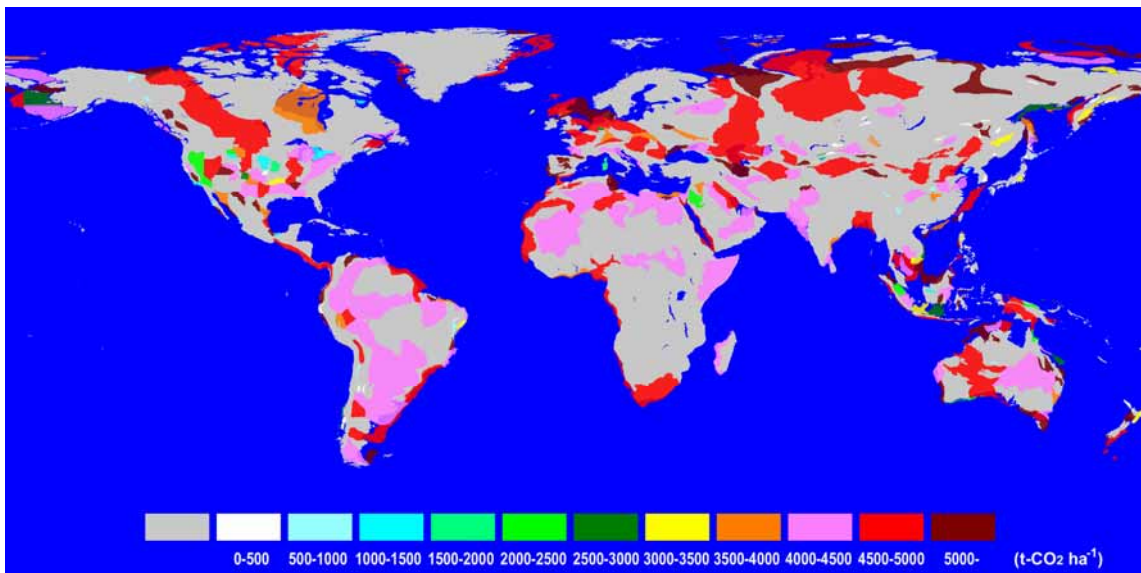


図 4 深部帯水層の CO₂ 貯留ポテンシャル (理論的ポテンシャル)

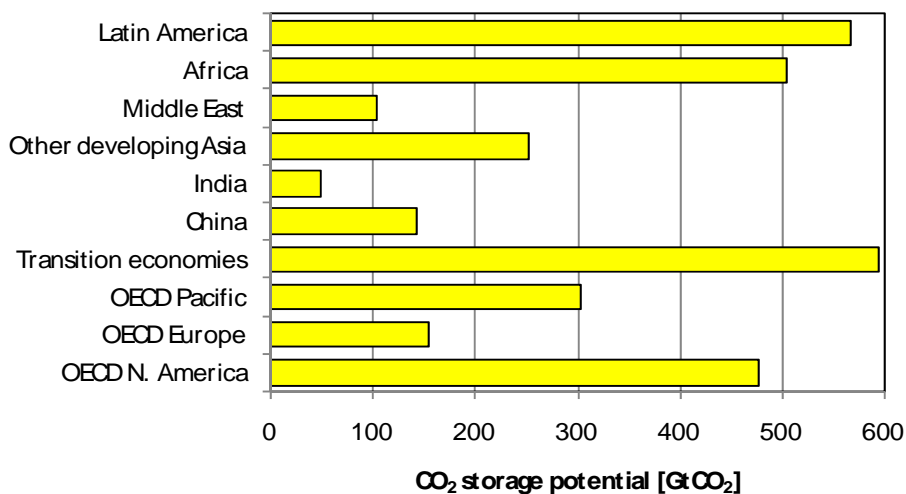


図 5 深部帯水層の CO₂ 貯留ポテンシャル (実際のポテンシャル) の想定

(4) 炭層（メタン増進回収）

メタンよりも CO₂の方が炭層への吸着力が強いことに着目して、炭層に CO₂を注入し、メタン回収を行う技術である。

IEA GHG の報告書（“Enhanced Coal Bed Methane Recovery With CO₂ Sequestration,” Report Number PH3/3, 1998）を基にしつつ、地域別の炭層への CO₂貯留ポテンシャルを推定し、DNE21+のモデル前提条件として利用した。図2に地域別の貯留ポテンシャルを示す。

CO₂を1 ton 注入すると、0.717 toe のメタンが増進回収できるものと想定した。増進回収されたメタンは通常の天然ガスと同様、エネルギー利用できるものとした。

世界全体での貯留ポテンシャルは、40.4 GtC（148.2 GtCO₂）と想定した。

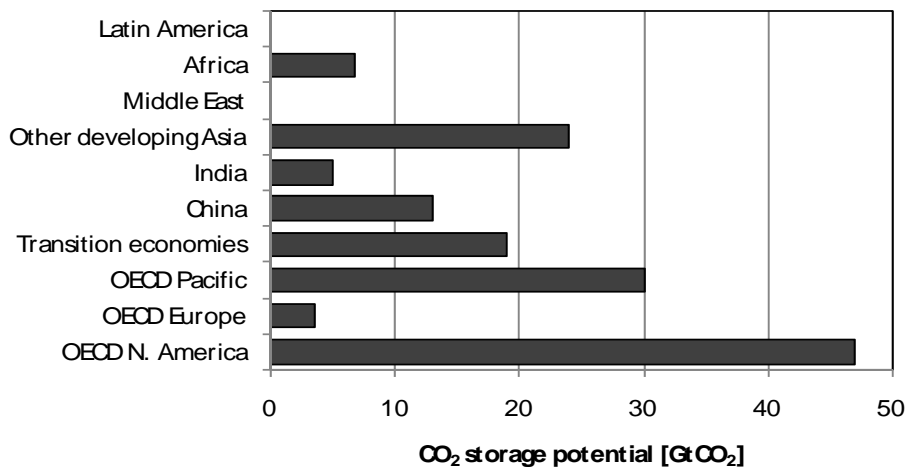


図6 炭層（メタン増進回収）の CO₂貯留ポテンシャルの想定

(5) 海洋隔離

海洋での CO₂ 隔離は、大きく分けると、水深 2000 m 程度の中層への放流と、水深 3000 m 以深での隔離とが検討されているが、費用的に両者で大きな差異はないと見られることから、DNE21+モデルにおいては両者を区別せずに評価している。

海洋隔離するには、CO₂を液化し、液化タンカーから CO₂注入を行うものと想定している。

CO₂液化費用は表2に示す。また、CO₂注入費用は 30.4 \$/tC と想定した。

ただし、DNE21+モデルにおいては、このように CO₂ 海洋隔離を想定しているものの、技術的には大きな問題がないと見られるものの、現時点では海洋への環境影響に対する危惧が国際的に大きいこともあって実施可否の見通しが不透明である。そのため、通常の分析においては、海洋隔離オプションについては利用しないものとして分析・評価を行っている。

表2 CO₂液化プラントの設備費、必要動力の想定

	設備費 [US\$/(tC/day)]	必要電力量 [MWh/tC]
CO ₂ 液化	28,100	0.543

(6) まとめ

以上のような世界のCO₂貯留ポテンシャルと貯留費用の想定を表3に示す。また、CO₂地中貯留ポテンシャルについて、IPCC 二酸化炭素回収貯留に関する特別報告書（SRCCS）の報告値と比較したものを表4に示す。

 表3 世界のCO₂貯留ポテンシャルと貯留費用の想定

	貯留ポテンシャル (GtC)	貯留費用 (\$/tC) [‡]
地中貯留		
廃油田（石油増進回収）	30.7	209 – 252 ^{††}
廃ガス田	40.2–181.5	34 – 215
深部帯水層	856.4	18 – 139
炭層（メタン増進回収）	40.4	99 – 447 ^{††}
海洋隔離 [†]	–	106 ^{‡‡}

[†] モデル化しているものの、通常の分析ではこの技術オプションは利用しないものと想定している。

[‡] CO₂回収費用は本数値には含めていない。別途考慮

^{††} 石油やガスの利益は本数値には含めていない。別途考慮

^{‡‡} CO₂液化設備費・必要動力も含めた概算値（電力価格：10 cent/kWh を想定した場合）。

 表4 世界のCO₂貯留ポテンシャルの想定値とIPCC 特別報告書報告値との比較

	DNE21+想定CO ₂ 貯留ポテンシャル		IPCC SRCCS
	(GtC)	(GtCO ₂)	(GtCO ₂)
廃油田・廃ガス田	70.9 – 212.2	260 – 778	675–900
深部帯水層	856.4	3140	10 ³ – ~ 10 ⁴
炭層（メタン増進回収）	40.4	148	3–200