

2.2. 貯留適地検討

2.2.1. 検討内容の概要

我が国における水深 200m～1,000m を主なターゲットとした CO₂ 貯留適地候補の抽出のために、抽出指標の考え方および、この考え方に基づいた貯留適地候補の抽出について述べる。

作業手順としてまず、日本周辺海域を 14 のブロックに分割し、既往文献を基に、3 ブロックを絞込んだ。次に、この 3 ブロックの中から有望と考えられる海域を 3 地点抽出した。

2.2.1.1. 検討会による検討

検討にあたっては有識者により構成される検討会を設置し、検討内容の審議を行った。業務期間内に検討会を 3 回開催した。検討会委員リストを表 2-36 に、検討会の開催状況を表 2-37 に示す。

表 2-36 平成 25 年度我が国周辺水域二酸化炭素貯留適地検討会 委員リスト

赤井 誠	(独)産業技術総合研究所招聘研究員
阿久津 亨	国際石油開発帝石株式会社国内事業本部探鉱・開発ユニット ジェネラルマネージャー
大隅 多加志	東海大学理学部化学科 客員研究員
尾崎 雅彦	東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
栗原 正典	早稲田大学創造理工学部 教授
佐藤 徹	東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
遠田 晋次	東北大学災害科学国際研究所 教授
松岡 俊文	京都大学大学院工学研究科 教授
松島 潤	東京大学大学院工学系研究科 准教授
横井 研一	(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構石油開発技術本部 探査部長

表 2-37 平成 25 年度我が国周辺水域二酸化炭素貯留適地検討会 開催状況

回数	開催日	主要議事
第 1 回	平成 25 年 11 月 13 日 10:00~12:15	(1)検討実施計画について (2)CCS の最近の状況について (3)貯留適地調査のブロックと候補地点の選定基準について (4)詳細検討ブロックの選定について
第 2 回	平成 26 年 1 月 22 日 16:00~17:45	(1)第 1 回検討会のご意見と対処方針について (2)各ブロックの調査進捗状況について (3)シャトルシップ輸送・貯留技術について
第 3 回	平成 26 年 3 月 19 日 9:30~11:40	(1)第 2 回検討会のご意見と対処方針について (2)調査候補地点の選定について (3)シャトルシップ輸送・貯留技術について

2.2.1.2. 作業概要

図 2-52 の作業フローに基づき作業を実施した。作業フローに示すように、作業段階は 2 段階とし、第 1 段階は、日本周辺海域を 14 ブロックに分割し、この中から 3 ブロックの抽出を実施した。第 2 段階は、抽出された 3 ブロックの中から有望海域をピックアップし、上位 3 地点を調査候補地点として抽出した。さらに、抽出された 3 地点の調査候補地点における二次元地震探査計画や測定仕様の検討を行った。

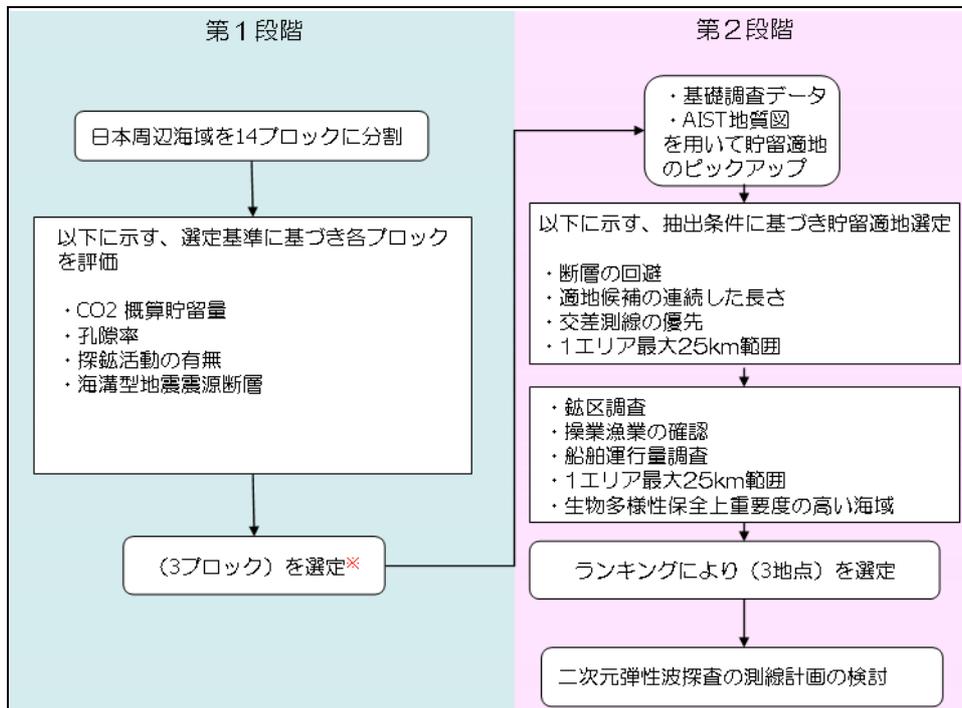


図 2-52 作業フロー

2.2.1.3. 詳細検討ブロックおよび調査候補地点の抽出の考え方と抽出に用いた指標

CO₂ 貯留に適した海域を抽出する上で確認すべき事項として、下表のものを想定した。

表 2-38 CO₂ 貯留に適した海域を抽出するための確認事項

確認項目	確認事項
A. 貯留性能	1.孔隙率の大きな貯留層が、妥当な深度に広く・厚く分布するか 2.圧入時に CO ₂ が超臨界状態となる地点が貯留層に含まれるか 3.将来の拡張性があるか
B. 圧入性能	1.高い浸透率を有する貯留層が、妥当な深度に広く・厚く分布するか 2.地層破壊圧以下で圧入可能か
C. 遮蔽性能	1.遮蔽性能を期待できる地層(遮蔽層)が、貯留層上位に広く・厚く分布するか 2.圧入した CO ₂ が漏洩しないトラップ構造を有するか 3.圧入により遮蔽層を破壊しないか 4.圧入した CO ₂ が断層等の弱線に到達しないか 5.漏洩経路となりうる断層が存在しないか 6.漏洩経路となりうる廃坑井が存在しないか
D.地質構造	1.貯留層・遮蔽層の地層傾斜は緩やかか
E. 近傍油ガス田 への影響	1.過去の探鉱活動が多いか 2.石油・ガス田などの近傍の資源への影響がないか 3.圧入した CO ₂ が石油・ガス田などの近傍の資源に到達しないか、あるいは、 圧力上昇の影響を与えないか
F. 海防法対応	1.地震等の自然現象による地層の著しい変動の記録がないか 2.将来において地層の著しい変動が生ずるおそれが少ないと見込まれるか 3.圧入した CO ₂ の状態の監視及び汚染状況の監視をすることができるか 4.CO ₂ に起因する海洋環境の保全上の障害が生じ、又は生ずるおそれが生じた場合において、当該障害の拡大又は発生を防止するために必要な措置を講ずることができるか 5.CO ₂ による海洋環境の保全上の障害を防止する地質構造を有するか 6.海洋環境の保全上特に保護を図る必要があるものの所在に関する知見が得られているか
G. その他	1.PA(Public Acceptance)取得に大きな困難が見られないか 2.漁業の操業が少ないか 3.海底ケーブル等の敷設物を避けているか 4.サイト固有の評価項目があるか

海域の絞り込みにあたっては、第1段階として、今年度候補海域を抽出する前段階として詳細検討を行う海域「詳細検討ブロック」選定段階、第2段階として、来年度貯留適地調査を行う候補海域「調査候補地点」選定段階と2段階に分けた。いずれも公開資料および公的機関などから入手可能な資料に基づいて抽出するため、確認事項は表 2-38 のうち入手可能な資料の範囲に限られた。「詳細検討ブロック」および「候補調査地点」の抽出の考え方と抽出に用いた指標を表 2-39 に示す。

下表における抽出の考え方は、あくまでも既存資料から有望な調査候補地点を優先度の高いもののみ抽出するためだけのものである。抽出しなかった地点の評価を何ら予断するものではない。最終的に貯留地点として適当かどうかを判断するための基準は、調査が進む中でフィードバックを受けて精査・更新されていくものである。

表 2-39 詳細検討ブロックおよび調査候補地点の抽出の考え方と抽出に用いた指標

確認項目	確認事項	本検討会における抽出の考え方	抽出に用いた指標		データ
			詳細検討ブロック	調査候補地点	
A. 貯留性能	孔隙率の大きな貯留層が、妥当な深度に広く・厚く分布するか	孔隙率のより大きな貯留層が、妥当な深度により広く・より厚く分布する海域を優先	概算貯留量, 孔隙率	層厚 200m 以上の堆積層, 第四紀更新世より古い砂岩層等の粗粒層	①② ③④ ⑤⑥
	圧入時に CO ₂ が超臨界状態となる地点が貯留層に含まれるか	圧入時に CO ₂ が超臨界状態となる地点が貯留層に含まれる海域を優先	—	温度-圧力条件からブロック毎に設定した超臨界上限深度 (800m)	⑥
C. 遮蔽性能	遮蔽性能を期待できる地層(遮蔽層)が、貯留層上位に広く・厚く分布するか	遮蔽層が貯留層上位より広く覆い、十分な層厚で分布する海域を優先	—	貯留層上位に遮蔽層となる泥岩層等の細粒層が覆っていること, 最小層厚	④ ⑤ ⑥
	漏洩経路となりうる断層が存在しないか	漏洩経路となりうる断層が存在しない海域を優先	—	現時点で断層が確認されていないこと	④ ⑤ ⑦

確認項目	確認事項	本検討会における抽出の考え方	抽出に用いた指標		データ
			詳細検討ブロック	調査候補地点	
D. 地質構造	貯留層・遮蔽層の地層傾斜は緩やかか	貯留層・遮蔽層の地層傾斜が緩やかな海域を優先	—	地層傾斜の角度	④ ⑤
E. 近傍油ガス田への影響	過去の探鉱活動が多いか	過去の探鉱活動が多く、既存データが豊富な海域を優先	探鉱活動（基礎試錐件数）が存在すること	地質断面図や物理探査測線があること	④ ⑤ ⑥
	石油・ガス田などの近傍の資源への影響がないか	既設置鉱区のない海域を優先	—	（既設置鉱区の確認）	⑨
F. 海防法の担保	将来において地層の著しい変動が生ずるおそれが少ないと見込まれるか	断層のない海域を抽出	海溝型地震震源断層が存在しないこと	現時点で断層が確認されていないこと	④ ⑤ ⑦ ⑧
	海洋環境の保全上特に保護を図る必要があるものの所在に関する知見が得られているか	海洋環境の保全上重要な海域を回避	—	生物多様性保全上の重要性に関する情報	⑩
G. その他	PA ⁶ 取得に大きな困難が見られないか	船舶の航行がより少ない海域を優先	—	（船舶の航行の有無を確認）	⑪
	漁業の操業が少ないか	漁業の操業がより少ない海域を優先	—	（大臣管理漁業の有無を確認）	⑫

* 主要な資料・データ等

⁶ Public Acceptance

- ①NEDO/AIST(2012) ②GCCSI(2012) ③RITE(2005) ④AIST「海洋地質図」
- ⑤JOGMEC「基礎物理探査報告書」 ⑥JOGMEC「基礎試錐報告書」
- ⑦海洋調査技術学会「日本周辺海域中新世末期以降の構造発達史」
- ⑧防災科学技術研究所「全国地震動予測地図」
- ⑨経済産業省 地方経済産業局への照会 ⑩環境省「重要海域抽出検討会」の検討状況
- ⑪海上保安庁「海洋台帳」 ⑫水産庁への照会

2.2.2. 詳細検討ブロックの抽出

詳細検討ブロックの抽出にあたっては、表 2-39 の抽出の考え方および詳細検討ブロックの指標に基づいた。

2.2.2.1. 詳細検討ブロックの抽出

日本周辺海域 14 ブロックの中から以下の項目を用いてブロックの順位付けを行った。

- ①既往資料から得られた CO₂ 概算貯留量
- ②既往資料から得られた各ブロックの想定貯留地層の孔隙率
- ③探鉱活動の有無
- ④大規模地震の想定震源断層の有無

以下に項目毎の説明を示す。

(1)既往資料から得られた CO₂ 概算貯留量

CO₂ 概算貯留量は、2012 年 AIST 報告書および 2012 年 GCCSI 報告書から引用し、とりまとめた。とりまとめた結果を表 2-40 に示す。

表 2-40 CO2 概算貯留量

ブロック番号・ブロック名		CO2概算貯留量 (億t) NEDO/AIST(2012), GCCSI(2012)
1	石狩-礼文沖	A 31.74
2	オホーツク海	C 0
3	北海道南部-久慈沖	A 104.09
4	十勝-釧路沖	A 74.22
5	渡島半島-津軽沖	A 10.31
6	秋田-庄内沖	A 33.89
7	新潟-富山沖	A 72.04
8	北陸-隠岐沖	A 210.8
9	山陰沖	A 167.17
10	釜石-金華山沖	C 0
11	常磐-鹿島沖	A 46.44
12	東海-四国沖	C 0.09
13	宮崎沖	A 53.29
14	天草-五島沖	A 2.21

凡例: 概算貯留量が1億t-CO2以上 ■、1億t-CO2未満 ■

*ブロック6はGCCSI(2012)の最大概算貯留量を使用。

作成した表を用いて順位付けを行った。CO2 概算貯留量が1億トン以上の場合にはA評価とし、1億トン未満の場合をC評価とした。1億トン未満でC評価となったのはブロック2のオホーツク海、ブロック10の釜石—金華山沖、ブロック12の東海—四国沖の3ブロックで、それ以外のブロックはすべてA評価となった。

(2) 既往資料から得られた各ブロックの想定貯留層の孔隙率

想定貯留層の孔隙率は、2005年RITE報告書から引用した。とりまとめた結果を表2-41に示す。CO2の圧入を行う際に、地層の孔隙率は大きいほうが貯留可能性が大きくなり有利であると考えられる。そこで、想定貯留層の孔隙率は3段階で評価した。孔隙率が20%を超える場合はA評価、孔隙率が10%以上20%未満の場合はB評価、10%未満の場合はC評価とした。その結果、ブロック10の釜石—金華山沖のみがB評価となり、その他のブロックはすべてA評価となった。

表 2-41 各ブロックの地層孔隙率

ブロック番号・ブロック名	想定貯留地層 RITE(2005)	孔隙率(%) RITE(2005)
1 石狩-礼文沖	声間層・稚内層・増幌層	A 20%
2 オホーツク海	声間層・稚内層	A 25%
3 北海道南部-久慈沖	萌別層・平取層・振老層・荷菜層・軽舞層・滝ノ上層	A 23%
4 十勝-釧路沖	十勝層群・厚内層群	A 20%
5 渡島半島-津軽沖	黒松内層・八雲層・訓縫層	A 25%
6 秋田-庄内沖	笹岡層・天徳寺層・船川層・女川層	A 25%
7 新潟-富山沖	灰爪層・西山層・寺泊層	A 25%
8 北陸-隠岐沖	氷見層・音川層・東別所層・黒瀬谷層	A 22%
9 山陰沖	中新統	A 23%
10 釜石-金華山沖	不明	B 15%
11 常磐-鹿島沖	上総層群・三浦層群	A 20%
12 東海-四国沖	掛川層群・相良層群	A 25%
13 宮崎沖	宮崎層群	A 25%
14 天草-五島沖	鮮新統・中新統・古第三系	A 23%

凡例：孔隙率が20%以上 ■、10%以上20%未満 ■、10%未満 ■

(3)探鉱活動の有無

次に JOGMEC 基礎試錐の有無によって探鉱活動の評価を行った。基礎試錐の実績があれば、検層や試験などによって地質および各種物性値データが得られていると考えられる。さらに、JOGMEC の基礎調査（基礎試錐および基礎物理探査）の解析を基に石油や天然ガスについて賦存の可能性を確認しており、探鉱活動があると考えた。また、石油や天然ガスの有無にはかかわらず、石油や天然ガス資源を賦存する可能性のある堆積層は CO₂ の貯留層に適している。これらのことから基礎試錐があれば A 評価、無い場合は B 評価とした。探鉱活動の有無に基づく評価結果を表 2-42 に示す。また基礎試錐が実施された箇所を図 2-53 に示す。ブロック 9 の山陰沖およびブロック 13 の宮崎沖以外のブロックは、既往基礎試錐があり A 評価となった。

表 2-42 探鉱活動の有無

ブロック番号・ブロック名		試錐名	基礎試錐件数	
1	石狩-礼文沖	石狩湾	1	A
2	オホーツク海	北見大和堆	1	A
3	北海道南部-久慈沖	三陸沖	1	A
4	十勝-釧路沖	十勝沖	1	A
5	渡島半島-津軽沖	西津軽沖	1	A
6	秋田-庄内沖	沢目沖、野石沖、由利沖中部、本荘沖、西目沖、子吉川沖、最上川沖	7	A
7	新潟-富山沖	佐渡沖、柏崎沖、直江津沖北、佐渡南西沖 S&D	4	A
8	北陸-隠岐沖	金沢沖、香住沖、鳥取沖	3	A
9	山陰沖	—	0	B
10	釜石-金華山沖	気仙沼沖	1	A
11	常磐-鹿島沖	相馬沖、常磐沖	2	A
12	東海-四国沖	御前崎沖、南海トラフ、東海沖～熊野灘	3	A
13	宮崎沖	—	0	B
14	天草-五島沖	五島灘、宮古島沖	2	A

基礎試錐位置図
(昭和36年度～平成15年度)

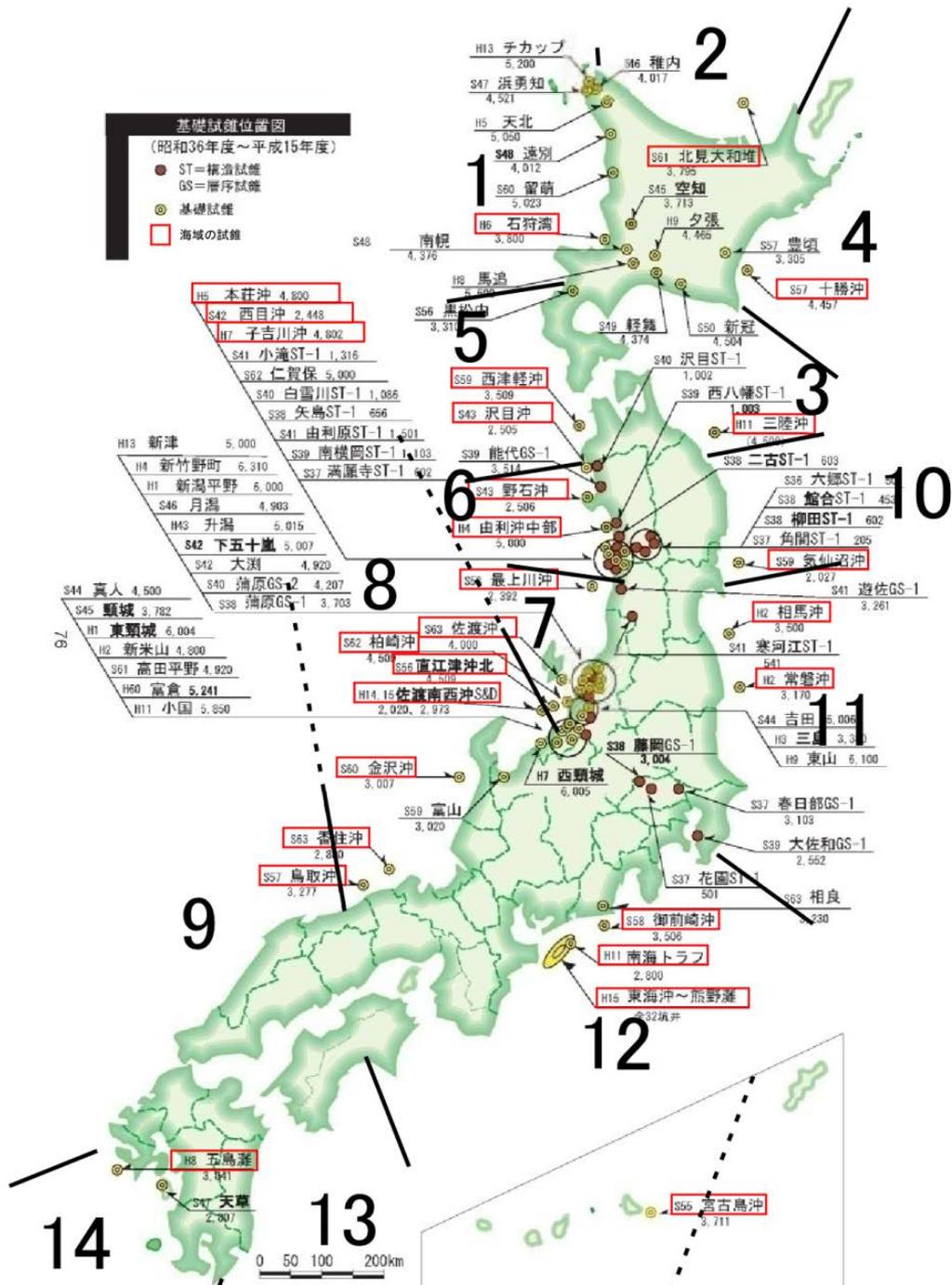


図 2-53 基礎試錐位置図

(石油天然ガス・金属鉱物資源機構, 平成15年度財務資料を基に加工)

(出典) 石油公団 (2003) [1]

(4)大規模地震の想定震源断層の有無

CO₂ 地中貯留において断層は漏洩経路となり得ること、また、地震が発生することによって地下に貯留された CO₂ が不安定な状態となる可能性がある。大規模地震として最も留意されるべきものは、海溝型地震などのプレート境界で生じる地震が考えられる。そこで詳細検討ブロックの抽出段階では、図 2-54 に示す防災科学技術研究所ホームページ全国地震動予測地図に示されているプレート境界型地震震源断層の有無を評価した。図 2-54 から、プレート境界型地震震源断層の分布が無いブロックは A 評価、小規模に分布する場合は B 評価、大規模に分布するブロックは C 評価とした。大規模地震震源断層の有無による評価結果を表 2-43 に示す。

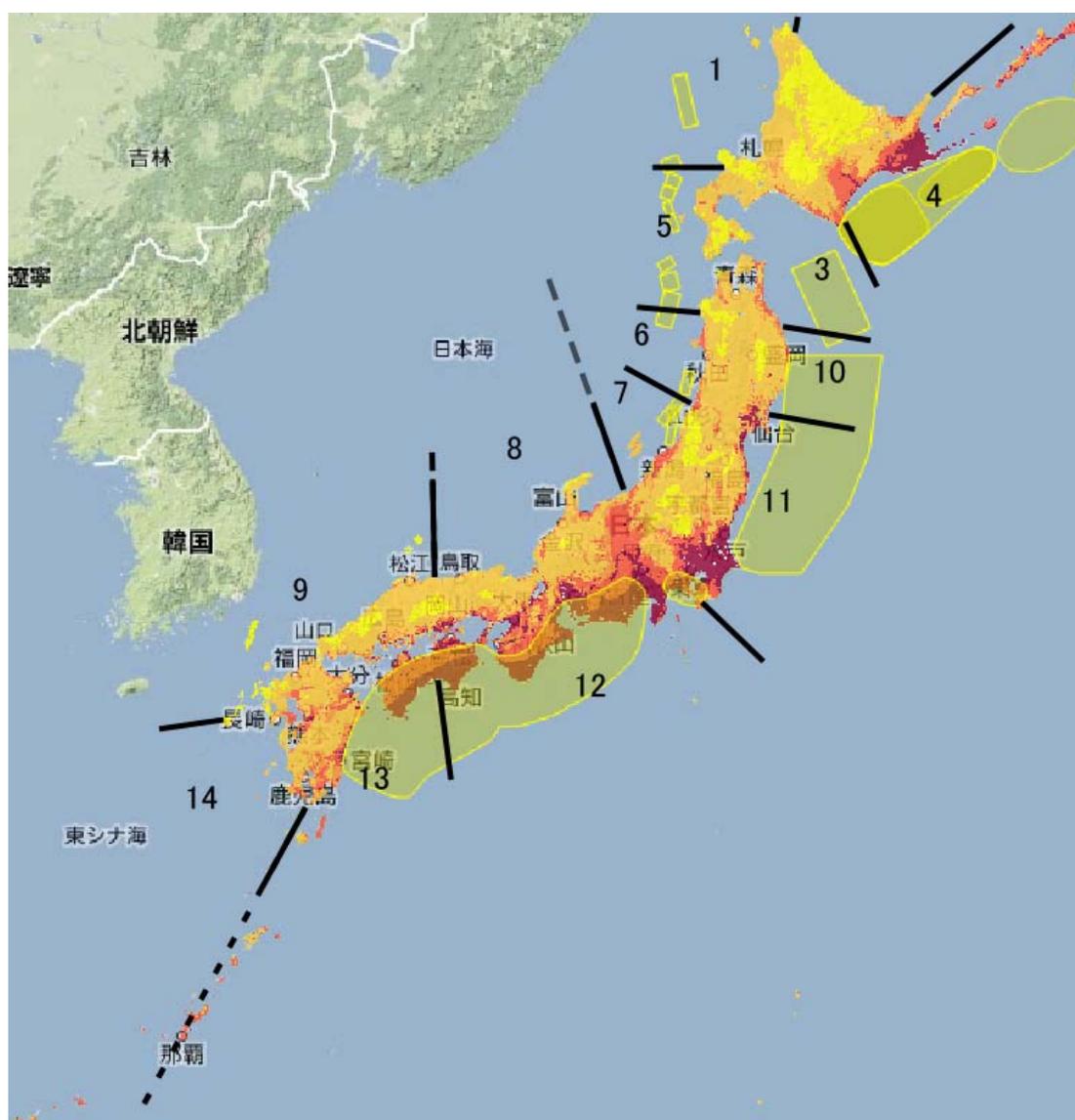


図 2-54 全国地震動予測地図

(防災科学技術研究所, J-SHIS 地震ハザードステーション <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>に加筆) [2]

表 2-43 プレート境界型地震震源断層の分布

ブロック番号・ブロック名	海溝型地震震源断層
1 石狩-礼文沖	B 小規模に分布
2 オホーツク海	A
3 北海道南部-久慈沖	C 大規模に分布
4 十勝-釧路沖	C 大規模に分布
5 渡島半島-津軽沖	B 小規模に分布
6 秋田-庄内沖	B 小規模に分布
7 新潟-富山沖	B 小規模に分布
8 北陸-隠岐沖	A
9 山陰沖	A
10 釜石-金華山沖	C 大規模に分布
11 常磐-鹿島沖	C 大規模に分布
12 東海-四国沖	C 大規模に分布
13 宮崎沖	C 大規模に分布
14 天草-五島沖	A

凡例：海溝型地震震源断層の分布が無い 、小規模に分布 、大規模に分布

太平洋側 6 ブロック（ブロック 3 北海道道南部—久慈沖，ブロック 4 十勝—釧路沖，ブロック 10 釜石—金華山沖，ブロック 11 常磐—鹿島沖，ブロック 12 東海—四国沖，ブロック 13 宮崎沖）は、B 評価もしくは C 評価となった。これらの地域には海溝型地震震源断層が分布する。これらの太平洋側地域のブロックは、過去に発生した東日本大震災の震源や今後発生することが予測されている東海・東南海・南海沖地震の震源域が存在する。

また、日本海側においても、ブロック 1 石狩—礼文沖，ブロック 5 渡島半島—津軽沖，ブロック 6 秋田—庄内沖，ブロック 7 新潟—富山沖で示される 4 ブロックには、日本海東縁ひずみ集中帯（図 2-52）が存在し、これらは B 評価となった。

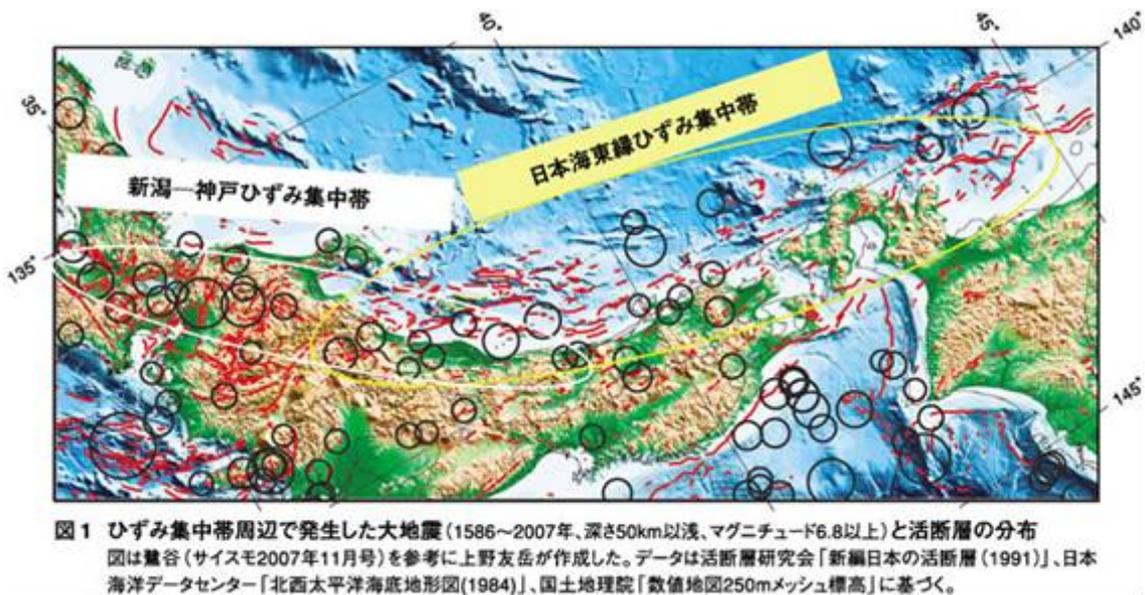


図 2-55 ひずみ集中帯の位置

(出典) 地震調査研究推進本部事務局[3]

(5)詳細検討ブロックの抽出結果

これらの結果をとりまとめて表 2-44 に示す。順位付けに用いた各項目のうちいずれかに C 評価がついたブロックは優先度が低いと判断し選外とした。すべての項目が A 評価であったのは、ブロック 14 天草-五島沖とブロック 8 北陸-隠岐沖となり、これらは第 1 および第 2 候補とした。ブロック 6 秋田-庄内沖、ブロック 7 新潟-富山沖、およびブロック 9 山陰沖は同点で次点となるが、このうちブロック 6 秋田-庄内沖とブロック 7 は新潟-富山沖は、図 2-55 に示したように、日本海東縁ひずみ集中帯に含まれるため選外としブロック 9 山陰沖を第 3 候補とした。

表 2-44 詳細検討ブロックの抽出結果

ブロック番号・ブロック名	総合評価 (案)	A-1 概算貯留量 (億tCO2)	A-2 孔隙率	D-1 探鉱活動 (基礎試錐件数)	E-1 海溝型地震震源断層
1 石狩-礼文沖		A 31.74	A 20%	A 1	B 小規模に分布
2 オホーツク海	選外	C 0	A 25%	A 1	A
3 北海道南部-久慈沖	選外	A 104.09	A 23%	A 1	C 大規模に分布
4 十勝-釧路沖	選外	A 74.22	A 20%	A 1	C 大規模に分布
5 渡島半島-津軽沖		A 10.31	A 25%	A 1	B 小規模に分布
6 秋田-庄内沖	次点	A 33.89	A 25%	A 7	B 小規模に分布
7 新潟-富山沖	次点	A 72.04	A 25%	A 4	B 小規模に分布
8 北陸-隠岐沖	候補②	A 210.8	A 22%	A 3	A
9 山陰沖	候補③	A 167.17	A 23%	B 0	A
10 釜石-金華山沖	選外	C 0	B 15%	A 1	C 大規模に分布
11 常磐-鹿島沖	選外	A 46.44	A 20%	A 2	C 大規模に分布
12 東海-四国沖	選外	C 0.09	A 25%	A 3	C 大規模に分布
13 宮崎沖	選外	A 53.29	A 25%	B 0	C 大規模に分布
14 天草-五島沖	候補①	A 2.21	A 23%	A 2	A

2.2.3. 貯留適地候補案の抽出

2.2.3.1. 抽出作業

抽出された 3 ブロックの中からさらに調査候補地点となりうる地域を絞り込んだ。使用したデータは、AIST から発行されている海底地質断面図（海洋地質図）、および JOGMEC から貸与いただいた基礎物理探査報告書に含まれる解釈断面である。いずれのデータも紙データであるため、大型スキャナーで画像データへ変換してから使用した。

これらのデータを用い、以下に示す指標により絞り込みを実施した。

- ・ 本業務における前提条件である、水深 200m～1,000m の海域であること。
- ・ 抽出の考え方案 A-1 に基づき、有効層厚比 10%でも有効層厚 20m を確保できるように、層厚 200m 以上の堆積層を有すること。
- ・ 抽出の考え方案 A-1 に基づき、貯留層として期待できる第四紀更新世より古い砂岩層などの粗粒層が存在すること。
- ・ 抽出の考え方案 C-1 に基づき、上方への移行に対する遮蔽層として期待できる泥岩層などの細粒層が貯留層上位に存在すること。
- ・ 抽出の考え方案 B-1 に基づき、超臨界圧入が可能な深度以下に貯留層が存在すること。

図 2-56 に絞り込みの例として 2 種類の断面図を示す。上段に AIST 地質断面図を用いた例を、下段に JOGMEC 解釈断面図を用いた例を示す。

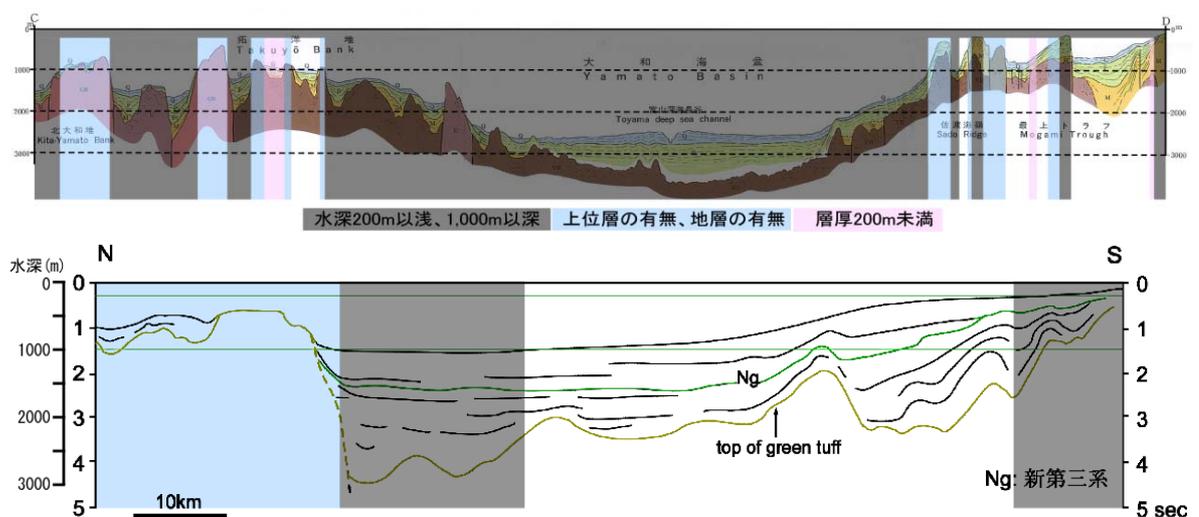


図 2-56 絞り込みの例

(上段：AIST 地質断面図を用いた例[4]、下段：JOGMEC 解釈断面を用いた例[5])

絞り込みの結果は、位置情報も同時に抽出し、地図上に記載して図 2-57 に示す。

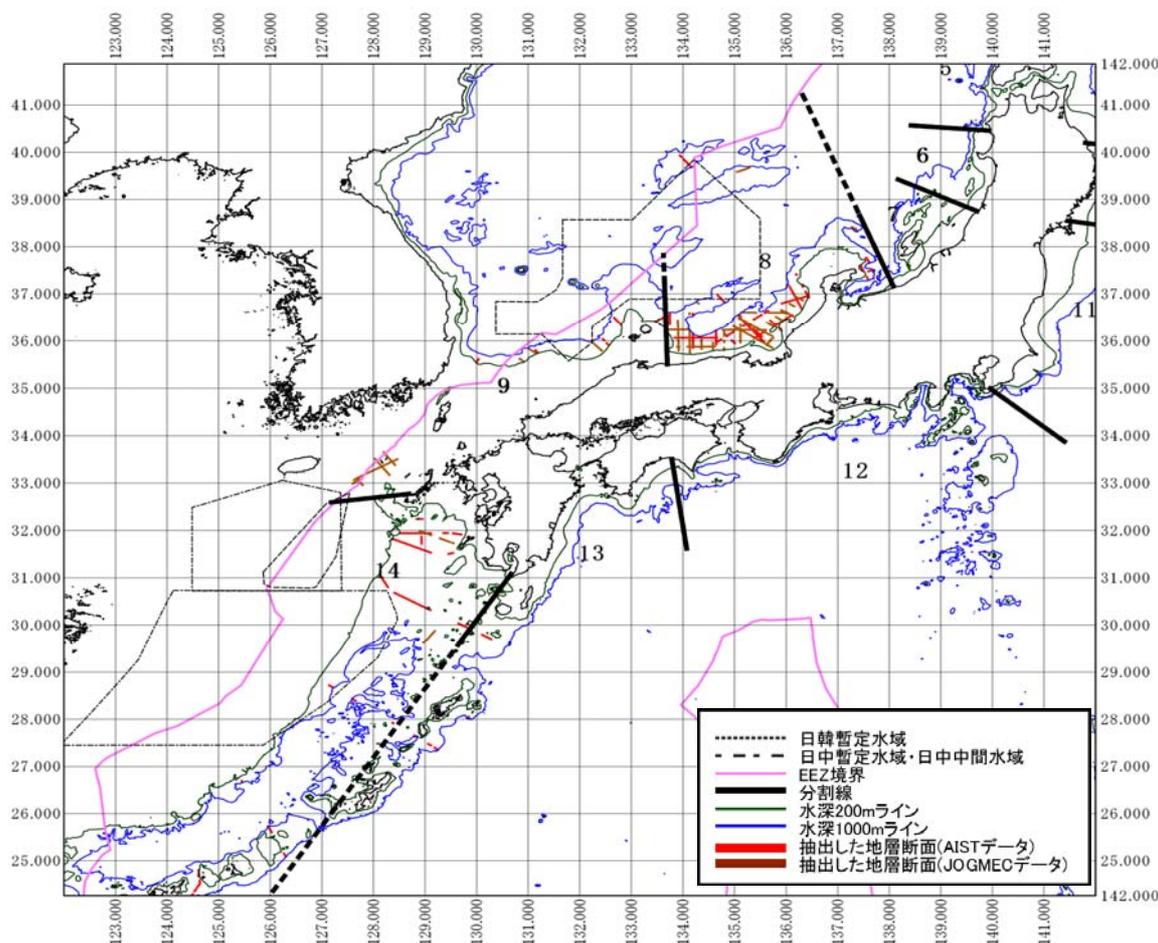


図 2-57 絞り込んだ貯留適地候補

抽出に際しては、JOGMEC 基礎試錐報告書を用いて地質概況を確認した。ブロック 8 では「基礎試錐金沢沖」「基礎試錐香住沖」の 2 地点、ブロック 14 天草—五島沖では「基礎試錐五島灘」の 1 地点が入手できた。ブロック 9 には近傍に基礎試錐が無いため基礎物理探査の地質記載を参考にした。

(1)ブロック 8 北陸—隠岐沖 地質概要

ブロック 8 は、海岸線から 30~40km の距離に水深 200~1000m の領域が存在する。地形に沿って地層も傾斜しており、北部へ向かい深くなる。沖合では基盤が海底面に露岩している箇所が多くある。使用した基礎試錐 2 地点は図 2-58 中に●(赤丸)で示した。図 2-59 に示した基礎試錐柱状図から、貯留層として期待できるのは海面下 800~2000m 付近に分布する東別所層~黒瀬谷層である。基礎試錐報告書から東別所層~黒瀬谷層の下部は、火山岩や火山噴出物が含まれることがわかつ

ている。基礎試錐での孔隙率は香住沖では 17%程度、金沢沖では 45%であるが、保守的に香住沖の 17%を採用した。遮蔽層として期待できるのは半深海帯で堆積したと考えられる氷見層のシルト質粘土岩や音川層の軟質シルト岩である。

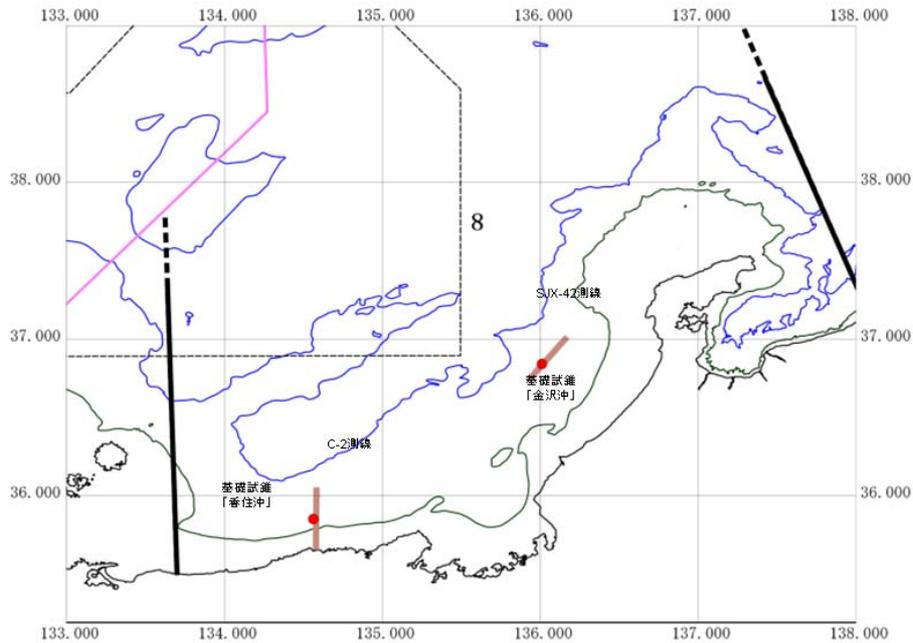
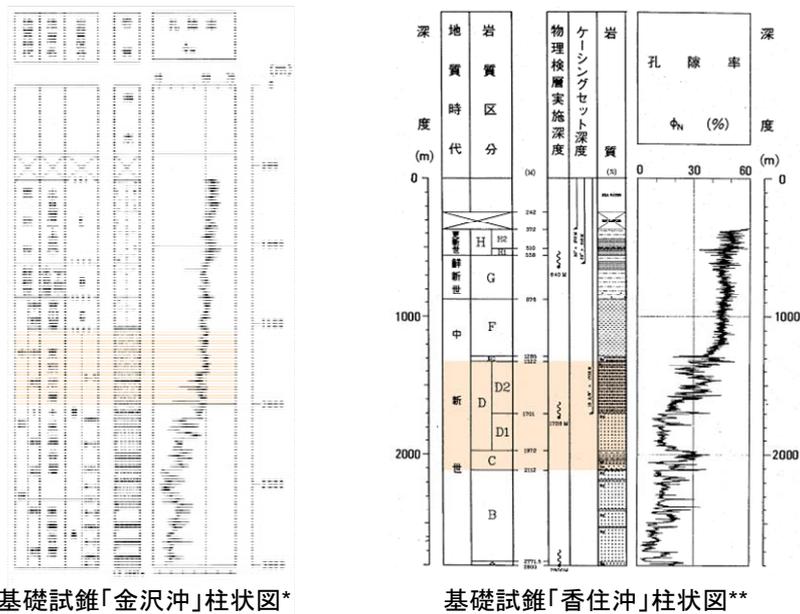


図 2-58 基礎試錐位置図



基礎試錐「金沢沖」柱状図*

基礎試錐「香住沖」柱状図**

図 2-59 基礎試錐柱状図

(出典) 左図 : JOGMEC (1986) [6]、右図 : JOGMEC (1990) [7]

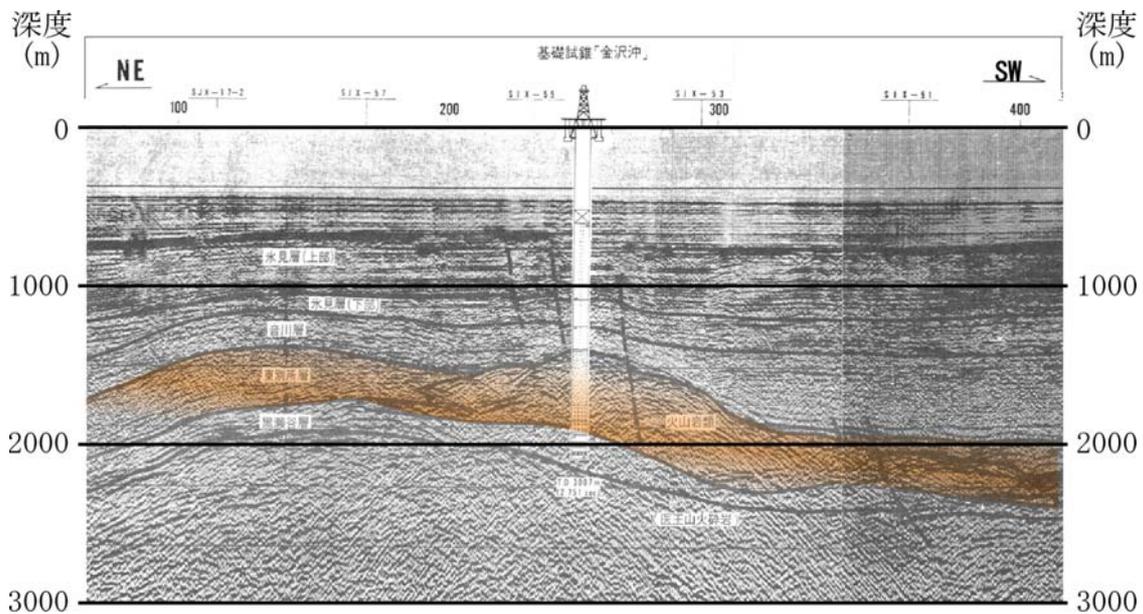


図 2-60 基礎試錐「金沢沖」近傍の地震探査解釈記録 SJX-42 測線
(出典) JOGMEC (1986) [6]

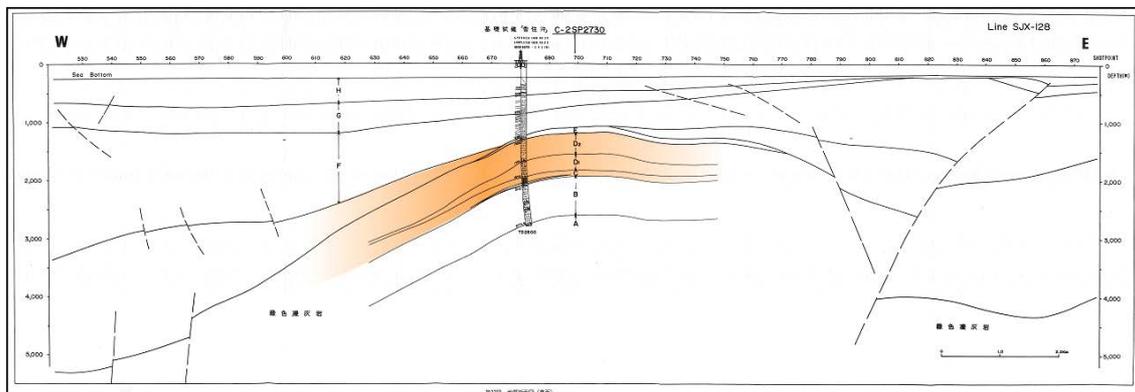


図 2-61 基礎試錐「香住沖」近傍の地震探査解釈 C-2 測線
(出典) JOGMEC (1990) [7]

(2)ブロック 9 山陰沖 地質概要

このブロックは基礎試錐が無いので、基礎物理探査の地質解釈から確認した。図 2-62 に示すように、ほとんどの海域が水深 200m 以浅で、海岸から 40~100km 沖に水深 200m~1000m の海域が東西に帯状に分布する。図 2-63 左図の断面に示すように、地形に沿って地層も傾斜しており、北部へ向かい深くなっていく。貯留層として期待できるのは、図 2-52 右図に示されるように海面下 1000~2000m 付近に分布する K 層（陸域における古江層相当）である。K 層は企業探鉱で実施されている試錐結果から海成砂泥互層とされている。基礎試錐が無いので孔隙率は

RITE 報告書より抜粋し、17%とした。遮蔽層として期待されるのは K 層より上位の D 層の陸成～沿岸成の砂泥互層である。

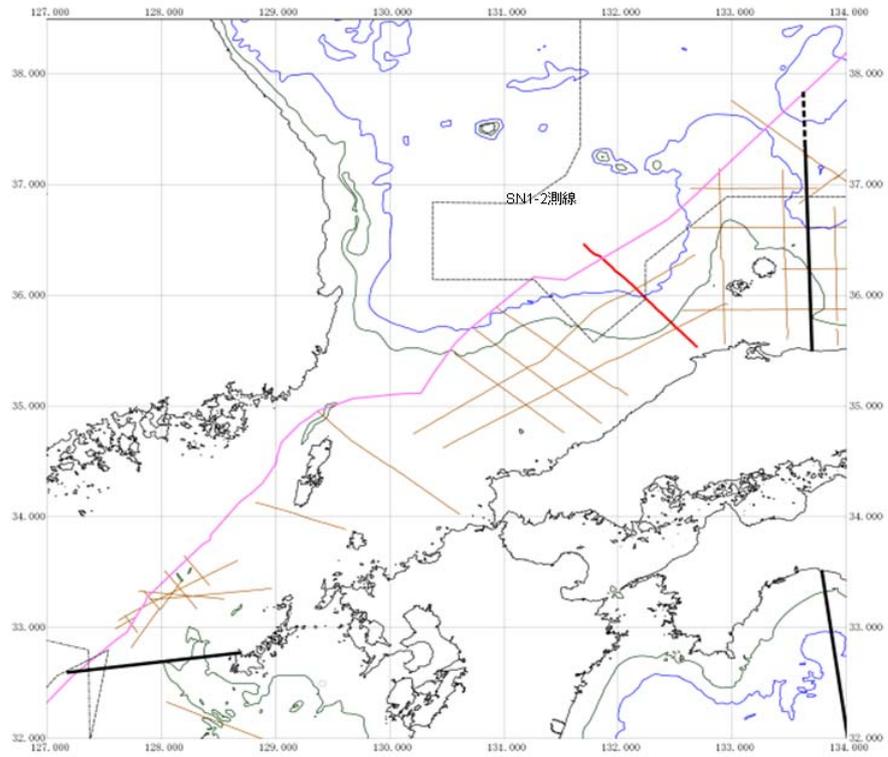
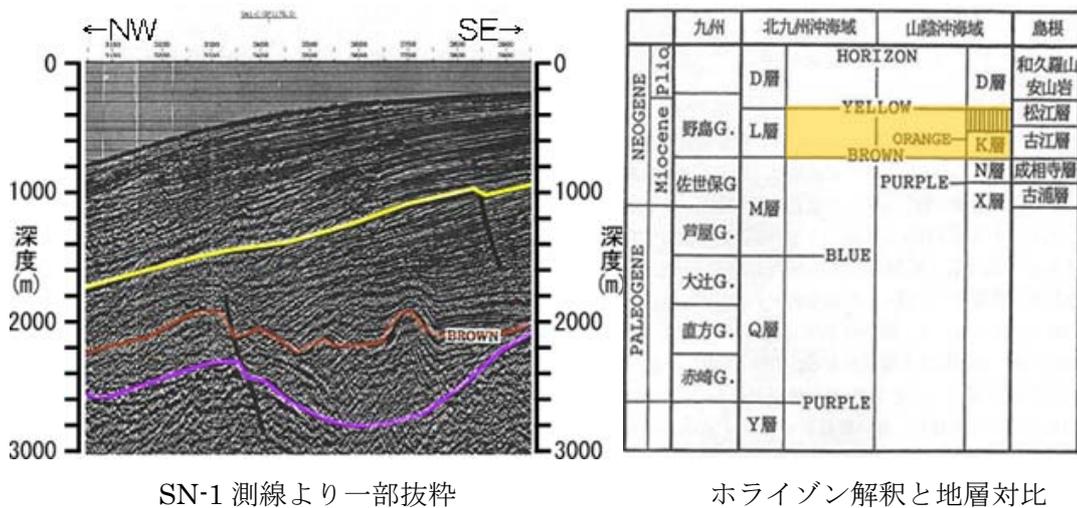


図 2-62 測線位置図



SN-1 測線より一部抜粋

ホライズン解釈と地層対比

図 2-63 地震探査解釈と地質層序

(出典) 左図 : JOGMEC (1991) [8]、右図 : 伊藤ほか (1992) [9]

(3)ブロック 14 天草ー五島沖 地質概要

このブロックは、基礎試錐「五島灘」が1地点存在する。

図 2-64 に示すように、ブロック 14 は、海岸線から 50km 程度は水深 200m より浅く、その後 200km 以上水深 200m~1000m の区間が続く。地形に沿って地層も傾斜しており、南西へ向かい緩やかに水深を増している。沖合では基盤が海底面に露岩している箇所が多くある。貯留層として期待できるのは、図 2-65、図 2-66 に示す海面下 1000~2000m 付近に分布する口之津層群や松島層群上部に対比される海成堆積物に含まれる細粒砂岩や凝灰質砂岩部である。検層結果からこの深度の孔隙率は 15%以上を示している。代表値としては保守的に 15%を採用した。遮蔽層として期待される地層は口之津層群相当層上部の海成の軟質シルト層である。

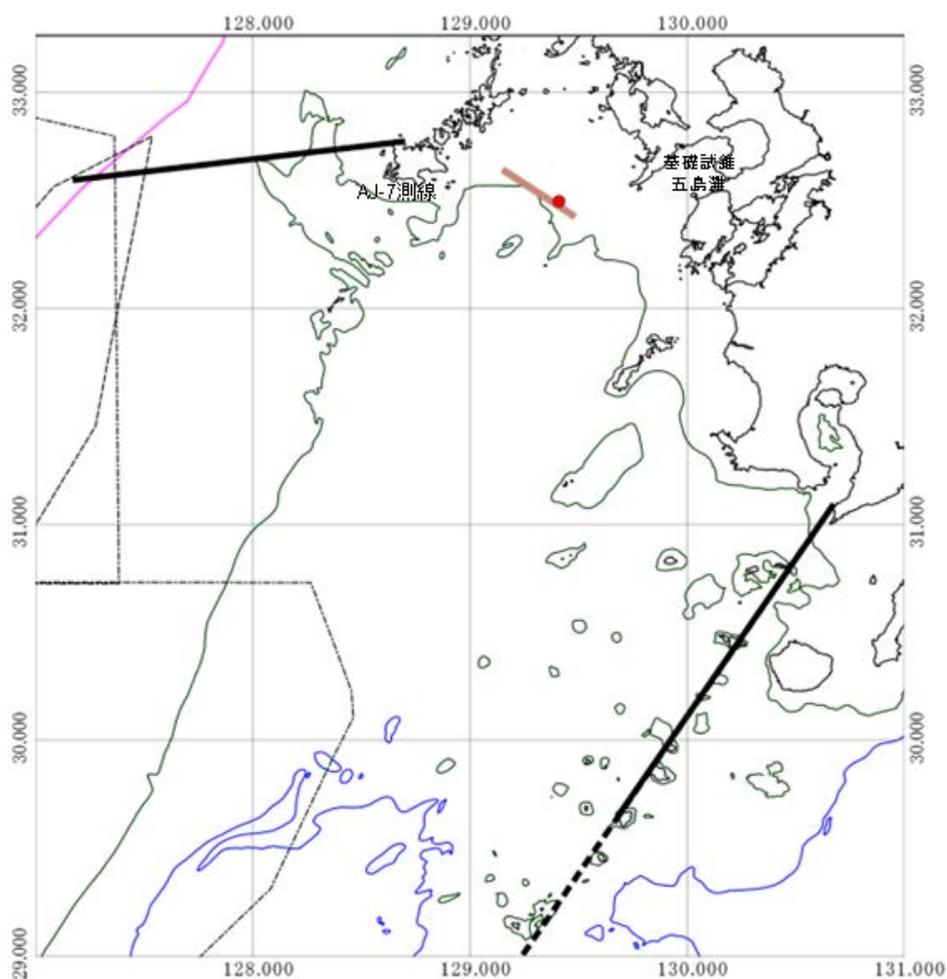


図 2-64 基礎試錐位置図

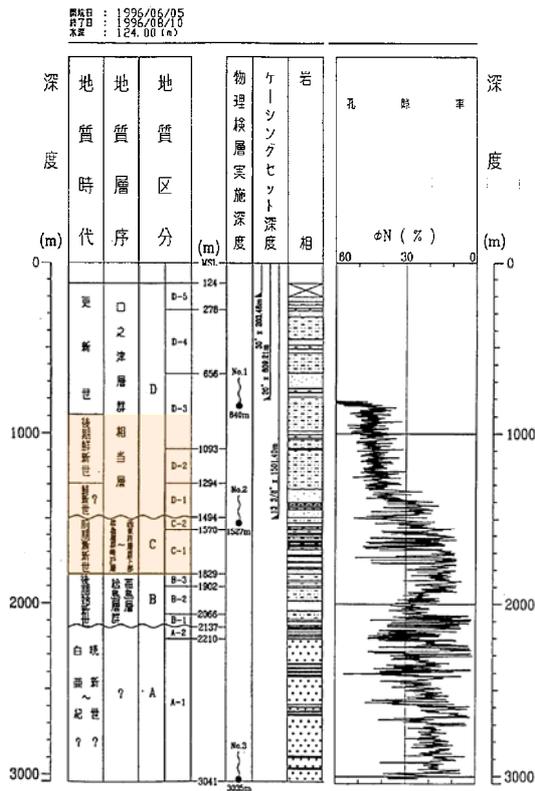


図 2-65 基礎試錐「五島灘」柱状図

(出典) JOGMEC (1998) [10]

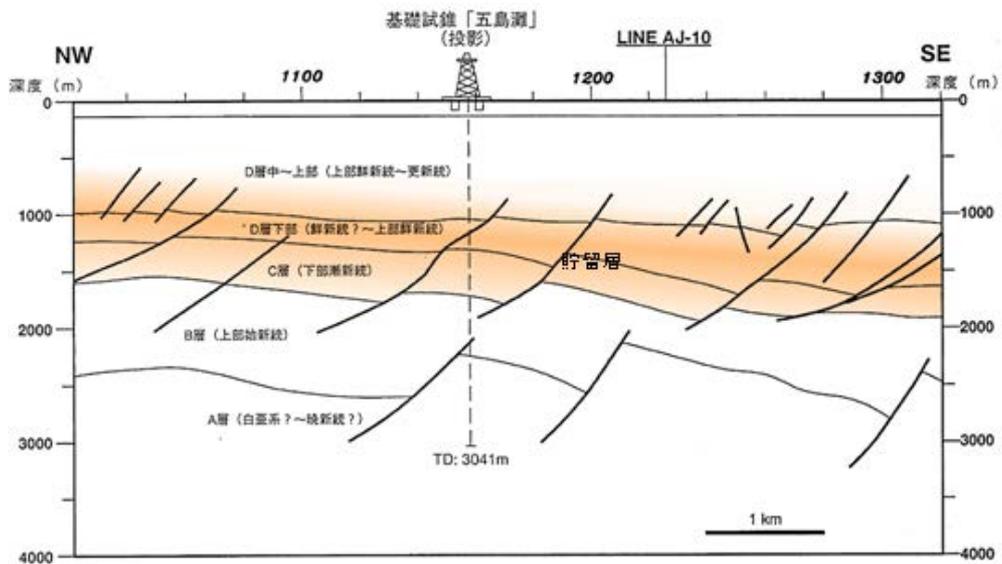


図 2-66 基礎試錐「五島灘」近傍解釈断面

(出典) JOGMEC (1998) [10]

2.2.3.2. 断層分布の抽出

断層は、CO₂ 地下貯留において漏洩する経路となる可能性が高いこと、また活断層である場合は、地震動を発生させて地下に貯留された CO₂ を不安定にする可能性がある。このような事態を避けるために、本検討では調査候補地点の抽出にあたって断層を回避するために、断層の位置を把握する必要がある。そこで既往文献を用いて断層抽出図を作成した。断層抽出図の作成にあたっては、日本周辺海域中新世末期以降の構造発達史（海洋調査技術第13巻第1号）、AIST海洋地質図から断層、大規模地すべりを抽出した。抽出結果を図 2-67 に示す。図 2-67 中の出典は、紫色の線が海洋調査技術、オレンジ色の線が海洋地質図である。詳細検討ブロックからは外れているが、ブロック 6 秋田一庄内沖やブロック 7 新潟一富山沖は、日本海東縁ひずみ集中帯に含まれており、断層が多く分布していることがわかる。詳細検討ブロックのうち、ブロック 8 北陸一隠岐沖、ブロック 9 山陰沖は比較的断層が少ないが、ブロック 14 天草一五島沖は多い。これは調査がなされていたため少ないのか、調査がなされているために断層が見掛け多く見えるのかは、現段階では判断できない。このためサイト調査が進んだ段階では、新たに断層が発見される可能性もある。

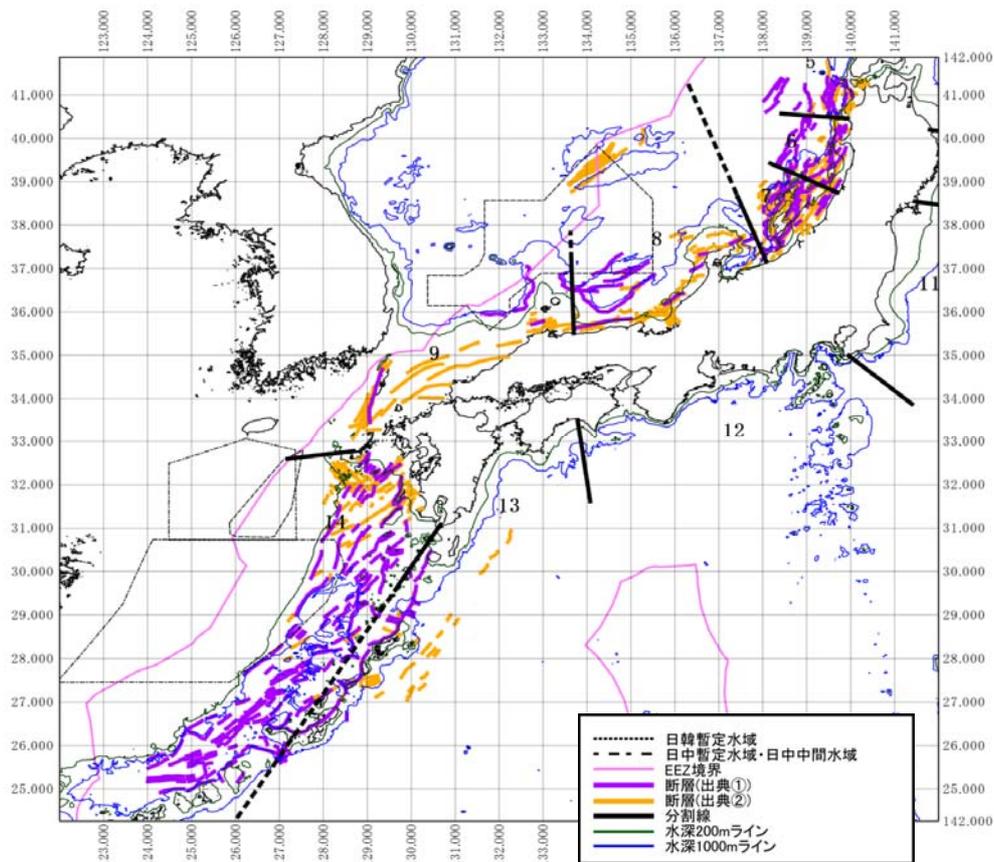


図 2-67 断層抽出図

(出典) 断層① : [11]、断層② : [12]

2.2.3.3. 調査候補地点案の抽出

1)調査候補地点案の抽出条件

2.2.3.1 にて抽出した貯留適地候補案の中から、さらに以下の条件を用いて調査候補地点案を抽出した。

- ・断層を回避
- ・測線上で、候補となる貯留対象層の連続した長さが長いものを選択
- ・交差測線がある場合には優先的に交差測線がある地域を選択
- ・1 エリア最大 25km×25km 範囲程度

断層の回避について、2013 年 RITE 報告書では、活断層から離隔距離 2km や 5km と想定して貯留ポテンシャルを算定している。2013 年 AIST 報告書では 2km である。これを参考とし、さらに断層とほぼセットで出現する可能性のある断層活動に起因すると考えられる褶曲も回避すべく断層から 5km 以上離れていることを条件とした。

また、測線上での候補となる貯留対象層の連続した長さについては、連続した長さが長いほど安定した地層であると判断されること、さらに貯留層としての規模が期待できることから連続性が良いことを条件とした。

さらに交差測線がある場合を優先度の高い条件とした。交差して同様の地層が確認されているのであれば、この交差する測線の間についても同様の地層が連続することが期待できる。つまり、囲まれた範囲を面的に評価することができると考えた。

そして、1 エリア 25km×25km 範囲程度に収めた理由は、断層を回避してある領域を区切った際に選択できる領域の多くの 1 辺が 25km 程度であったことや、各地点間の比較を容易にするためである。25km より長い地点は 25km 以内に収めた。

2)調査候補地点案

抽出条件に基づき選定した各ブロックの調査候補地点案は以下のとおりである。図 2-68～図 2-70 に各ブロック毎における調査候補地点案を示す。

・ブロック 8

図 2-68 に抽出した調査候補地点案を示す。ブロック 8 は、合計 9 箇所の調査候補地点案を抽出した。ブロック 8 は、ブロック 9 やブロック 14 に比べ抽出した貯留適地候補の連続距離が長い。抽出された貯留適地候補の連続距離が長い理由は、調査測線の測線方向が水深 200～1,000m の領域と平行・斜行する場合が多かったためと考えられる。

・ブロック 9

図 2-69 に抽出した調査候補地点案を示す。ブロック 9 は、合計 6 箇所の調査候補地点案を抽出した。他のブロックに比べ見掛けの地層傾斜が相対的に急であることと、水深 200~1,000m の範囲が狭いことにより、抽出した貯留層となる地層の連続距離が短い。

・ブロック 14

図 2-70 に抽出した調査候補地点案を示す。ブロック 14 は合計 5 箇所の調査候補地点案を抽出した。使用出来た既往調査測線が他のブロックに比べ少なかった。また他のブロックに比べ断層がやや多い。抽出した貯留層となる地層の連続距離は短くないが断層によって寸断されている箇所が多い。

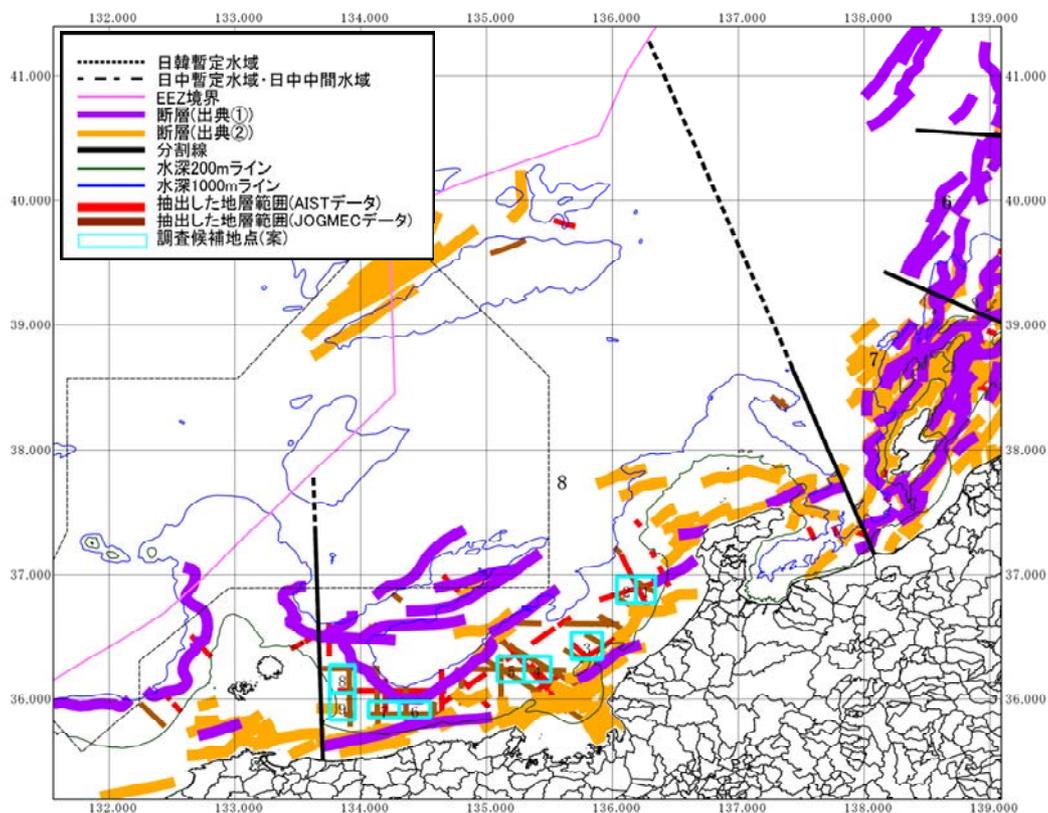


図 2-68 ブロック 8 北陸—隠岐沖 調査候補地点案

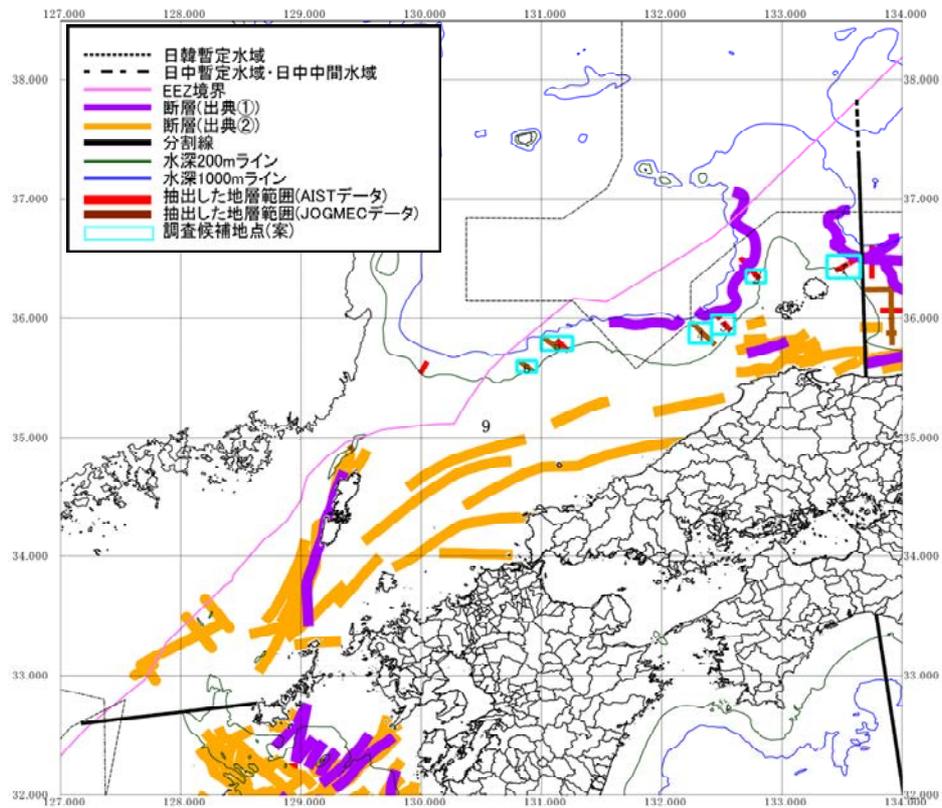


図 2-69 ブロック 9 山陰沖 調査候補地点案

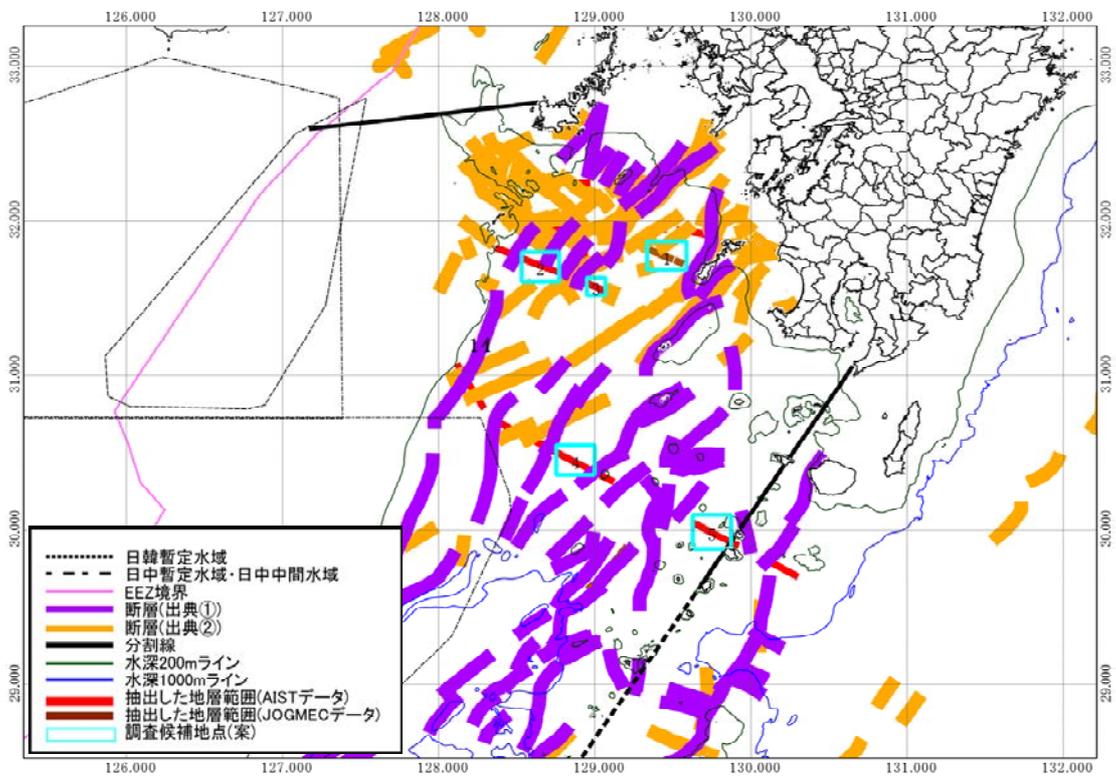


図 2-70 ブロック 14 天草-五島沖 調査候補地点案

3 ブロックで抽出した合計 20 地点の調査候補地点案の情報を表 2-45 に示す。

表 2-45 調査候補地点案の情報

ブロック番号			8 (北陸-隠岐沖)									9 (山陰沖)						14 (天草-五島沖)				
候補地点番号			1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5
貯留層	海面下深度(m)	平均	1,809	2,340	2,103	1,881	1,666	1,798	2,551	2,525	1,461	1,018	1,535	1,215	1,295	2,130	1,247	2,853	1,388	1,300	1,815	1,371
		(最小)	1,610	1,582	1,586	1,007	1,026	1,384	1,826	1,283	776	800	1,209	800	964	1,414	986	2,636	1,331	1,094	1,317	1,243
		(最大)	2,070	3,052	2,437	2,623	2,321	2,512	3,877	3,782	1,851	1,505	1,889	2,142	1,732	2,634	1,638	3,028	1,428	1,403	2,254	1,433
	層厚(m)	平均	1,032	1,553	1,289	1,158	894	1,063	1,984	1,236	815	383	645	285	798	1,183	530	1,498	283	231	546	349
		(最小)	851	1,051	1,131	321	306	736	1,421	452	281	214	477	167	947	913	622	1,350	222	197	370	231
		(最大)	1,221	1,973	1,452	1,884	1,586	1,683	3,093	2,032	1,208	510	796	612	514	1,393	358	1,619	404	269	795	471
	孔隙率 (%)		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	15	15	15	15	15
	貯留可能量 (億t)		51	63	102	25	23	37	82	34	18	13	9	8	56	41	17	73	13	4	27	20
	(面積 (km ²))		329	330	493	430	424	277	316	414	354	340	110	265	323	245	152	338	386	137	462	538
	遮蔽層	層厚(m)	最小	408	215	89	131	235	110	189	507	201	274	489	474	720	396	769	490	938	826	718
(最大)			601	759	653	492	510	311	532	1,048	560	1,169	1,111	1,646	939	1,055	1,036	551	1,172	1,200	1,720	1,184
構造	地層傾斜(度)		2	4	7	1	3	3	2	2	2	5	4	11	8	9	5	2	0	1	1	2
海底面平均水深(m)			296	343	391	389	397	531	223	749	247	358	533	519	406	492	297	835	623	713	703	601
離岸距離(km)			45	56	36	46	55	27	39	67	46	97	88	56	54	128	128	67	130	95	159	148

表中の、貯留可能量の計算は、RITE の報告書の方法に準じ以下の式を用いて計算した。

$$\text{最大貯留可能量} = S_f \times A \times h \times \phi \times S_g / B_g \text{CO}_2 \times \rho$$

S_f : 貯留率(25%) →0.25

A : 面積(km²)

h : 有効層厚(平均層厚の 10%と仮定)

ϕ : 孔隙率

S_g : 超臨界 CO₂ 飽和率→0.5 と仮定

$B_g \text{CO}_2$: CO₂ 容積係数(35°C, 2,000m として)→0.00229

ρ : CO₂ 密度(1.976g/l STP)→0.001976t/m³

計算に使用するパラメータの内、貯留率、超臨界 CO₂ 飽和率、CO₂ 容積係数、CO₂ 密度については、RITE が実施した全国ポテンシャル評価の値を用い、有効層厚比は保守的に設定した。

また、地層傾斜は、圧入後の CO₂ が浮力や地層傾斜によって側方移動する速度に影響するため考慮することにした。本検討において正確な地層傾斜を把握することは難しいため、地層断面図から読み取れる見掛けの地層傾斜を使用することにした。実際の地層傾斜は、見掛けの地層傾斜より大きい可能性がある。RITE の報告書ではシミュレーション結果から、水平構造の場合には圧入後 1,000 年経過後も圧入直後と大きくかわらない範囲にとどまっているのに対し、地層傾斜が 10 度ある場合では、CO₂ が地層傾斜に沿って鉛直距離で 1,000m 程度移行するとしている。但し、移行距離は貯留層の浸透率等にも影響されることに留意する必要がある。

2.2.4. 調査候補地点の抽出

これまで我が国周辺水域で行われてきた調査の結果を踏まえ、平成 26 年度以降に地質調査(二次元弾性波探査、三次元弾性波探査、ボーリング調査等)を行うための沖合域の候補海域(調査候補地点)を、3 地点程度抽出する。

別途、経済産業省において、地質調査を行うための沿岸域の候補地を選定するための検討が進められ、これらの検討結果をベースとして、両省合わせて 10 地点程度の候補地について、26 年度以降連携して地質調査を行う予定である。

絞込条件には主に貯留層情報を用いるが、その他外的な要素についても検討した。本検討では外的要素として、以下の 4 項目について抽出・確認を行った。

- ①既設置鉤区の確認
- ②操業漁業の確認
- ③船舶運航量の確認

④生物多様性保全上の重要性の確認

以下に各項目の抽出法と結果を示す。また、これらを加味した絞り込み結果を示す。

2.2.4.1. 既設置鉱区の確認

図 2-68～図 2-70 に水色枠で示した調査候補地点館のすべてについて、経済産業省を通じて各地方経済産業局に依頼して鉱業権者（試掘権・採掘権）の有無を確認した。この結果、すべての候補地点について、現段階で鉱業権者が設定されている箇所はなかった。

ただし、試掘権の出願中の地点については、調査時点では鉱区に該当しないが、今後、鉱業権が付与される可能性が高い。このような試掘権出願中の地点は、経済産業省を通じて確認することができないため、調査候補地点の抽出後、資源開発事業者へ個別に確認することが必要である。

2.2.4.2. 操業漁業の確認

図 2-68～図 2-70 に水色枠で示した調査候補地点案のすべてについて大臣管理漁業（指定漁業等）の操業状況を確認した。表 2-46 に調査結果を示す。

表 2-46 操業漁業の確認結果

ブロック番号	候補地点番号	大中型まき網漁業	沖合底びき網漁業	日本海へにすわいがに漁業	すわいがに漁業	いか釣り漁業	近海かつお一本釣り漁業	近海まぐろ延縄漁業
8 (北陸-隠岐沖)	1	操業 (中部日本海海区 又は西部日本海海区) ・15船団(※1)に許可 ・許可上は周年漁業	操業	-	-	-	-	-
	2			-	-			
	3			-	-			
	4			-	-			
	5			-	-			
	6			-	-			
	7			-	-			
	8			操業	操業			
	9			操業	操業			
9 (山陰沖)	1	操業 (西部日本海海区、東海黄海海区 又は九州西部海海区) ・38船団(※1)に許可 ・許可上は周年漁業	操業	操業	操業	-	-	-
	2				操業	-		
	3				操業	-		
	4				操業	-		
	5				操業	操業(※2)		
	6				-	操業(※2)		
14 (天草-五島沖)	1	操業 (東海黄海海区 又は九州西部海海区) ・34船団(※1)に許可 ・許可上は周年漁業	-	-	-	-	操業 ・20隻程度 ・周年	-
	2							-
	3							-
	4							-
	5							操業 ・30隻程度 ・周年

※1 1船団当たり4～6隻程度

※2 例年春先(5～6月)及び晩秋(11～1月)の夕方に操業

この表では、知事管理漁業、自由漁業の操業状況は考慮していないため、別途(都道府県

等に) 確認が必要である。

調査の結果、全ての候補地点で何らかの漁業が操業されていることがわかった。これらの漁業のうち定置式の仕掛が設置される漁業は、日本海べにずわいがに漁のみで、その他の漁法はすべて移動式である。べにずわいがに漁におけるカゴを用いた漁業は、仕掛の両端にブイをつけマーカーとする。二次元探査を実施する際には、これらのブイが障害となる場合がある。

2.2.4.3. 船舶運航量の確認

海上保安庁の海洋台帳[13]を対象に船舶運航量調査のデータを確認した。

海洋台帳の運航量は、船舶自動識別装置 (AIS) のデータを統計処理して沿岸から 30 海里 (56km) 以内の船舶運航量を地図にプロットしたものである。図 2-71 に確認例を示す。

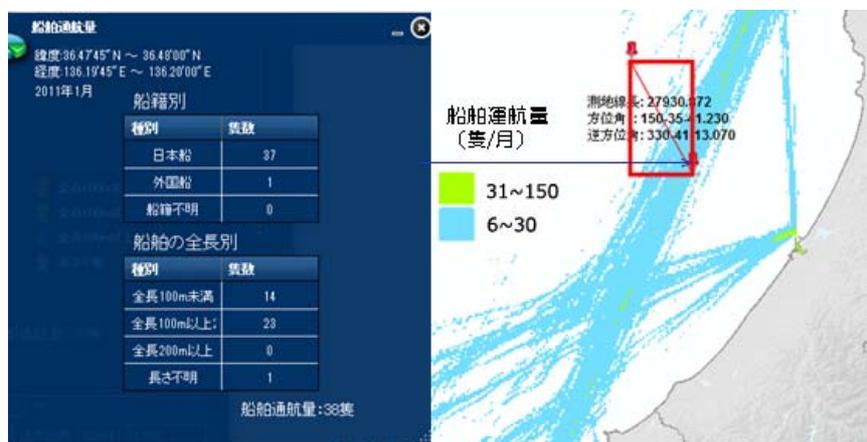


図 2-71 船舶運航量調査例

いずれの調査候補地点案も概ね月間 30 隻以下であり、運航量の激しい海域ではない。

表 2-47 船舶運航量調査

ブロック番号	候補地点番号	船舶運航量 (隻/月)
8 (北陸－隠岐沖)	1	6～38
	2	6～30
	3	6～30
	4	6～30
	5	6～30
	6	6～30
	7	6～30
	8	6～30
	9	6～30
9 (山陰沖)	1	6～30
	2	6～30
	3	6～30
	4	6～30
	5	データなし
	6	データなし
14 (天草－五島沖)	1	6～30
	2	6～30
	3	6～30
	4	データなし
	5	6～30

2.2.4.4. 生物多様性保全上の重要性の確認

環境省では「重要海域（生物多様性保全をする上で重要度の高い海域）」の抽出を検討している。重要海域は「沿岸域」「沖合海底域」「沖合表層域」の3つのそれぞれについて検討されている。

沿岸域：領海かつ水深 200m 以浅の場所

沖合海底域：沿岸域以外で EEZ 内の海域における海底部分

沖合表層域：沿岸域以外で EEZ 内の海域において太陽光の届く水深の部分

本検討においては水深 200m 以浅の海域は含まないため、沿岸域については検討せずに、沖合海底域および沖合表層域について、調査候補地点案における生物情報等を整理した。

1)沖合海底域

調査候補地点案 20 地点のうち、沖合海底域で生物多様性保全上の重要度が検討されている区画と重なるのは、下表の 2 地点であった。いずれも八放サンゴが分布しており、希少性や脆弱性の観点から重要とされる海域である。表 2-48 に調査結果を示す。

表 2-48 沖合海底域における生物多様性保全上重要度の高い海域

ブロック番号	候補地点番号	生物情報	備考	出典		
				*1	*2	*3
8 (北陸-隠岐沖)	3	基準1 八放サンゴ <i>Anthoplexaura dimorpha</i> 基準4 八放サンゴ <i>Anthoplexaura dimorpha</i>	断層があり、化学合成生態系が存在する可能性がある(基準 5)	基準1: 八放サンゴ	基準4: 八放サンゴ	基準5: 断層
9 (山陰沖)	1	基準1 八放サンゴ <i>Melithaea flabellifera</i> 基準4 八放サンゴ <i>Melithaea flabellifera</i>		基準1: 八放サンゴ	基準4: 八放サンゴ	

(出典)

*1 GBIF[14]

Imahara(1996)[15]より日本近海でのみ報告のある種をリスト化

*2 GBIF[14]

*3 徳山ほか(2001)[16]

2)沖合表層域

調査候補地点案 20 地点のうち、沖合表層域で生物多様性保全上の重要度が検討されている海域と重なるのは下表の 16 地点であり、いずれも産卵域など、種の生活史に重要とされる海域である。表 2-49 に調査結果を示す。

表 2-49 沖合表層域における生物多様性保全上重要度の高い海域

ブロック番号	候補地点番号	基準 2 「種の生活史における重要性」に関する生物情報	出典				
			*1	*2	*3	*4	*5
北陸-隠岐沖	1	アカガレイ、カタクチイワシ、キュウリエソ、タチウオ、ブリ、マアジ、スルメイカ、ホタルイカ	○	○			
	2	アカガレイ、カタクチイワシ、キュウリエソ、タチウオ、ブリ、マアジ、スルメイカ、ホタルイカ	○	○			
	3	アカアマダイ、アカガレイ、ウルメイワシ、カタクチイワシ、サヨリ、タチウオ、トラフグ、ヒラメ、ブリ、マアジ、マイワシ、マサバ、マダイ、ヤナギムシガレイ、スルメイカ	○	○		○	
	4	アカガレイ、カタクチイワシ、キュウリエソ、タチウオ、ブリ、マアジ、	○	○		○	

ブロック番号	候補地点番号	基準 2 「種の生活史における重要性」に関する生物情報	出典				
			*1	*2	*3	*4	*5
		スルメイカ					
	5	アカガレイ、カタクチイワシ、キュウリエソ、タチウオ、ブリ、マアジ、スルメイカ	○	○		○	
	6	キュウリエソ、タチウオ、ブリ、マアジ、マイワシ、スルメイカ、ホタルイカ	○	○			
	7	キュウリエソ、タチウオ、ブリ、マアジ、マイワシ、スルメイカ、ホタルイカ	○	○			
	8	アカガレイ、カタクチイワシ、キュウリエソ、ブリ、マアジ、マイワシ、マサバ、マダイ、スルメイカ	○	○		○	○
	9	カタクチイワシ、キュウリエソ、タチウオ、ブリ、マアジ、マイワシ、マサバ、スルメイカ	○	○	○	○	○
9 山陰沖	1	ウルメイワシ、キュウリエソ、マイワシ、マサバ、マダイ	○	○		○	○
		アカガレイ、カタクチイワシ、キュウリエソ、ブリ、マアジ、マイワシ、マサバ、マダイ、スルメイカ	○	○		○	○
	2	アカガレイ、ウルメイワシ、シカタクチイワシ、キュウリエソ、ブリ、ケンサキイカ、スルメイカ	○	○		○	○
	3	アカガレイ、ウルメイワシ、カタクチイワシ、キュウリエソ、タチウオ、ブリ、マアジ、マイワシ、ケンサキイカ、スルメイカ	○	○		○	○
		ウルメイワシ、カタクチイワシ、キュウリエソ、タチウオ、ニギス、ヒラメ、ブリ、マアジ、マイワシ、マサバ、ケンサキイカ、スルメイカ	○	○	○	○	○
	4	アカガレイ、ウルメイワシ、カタクチイワシ、キュウリエソ、タチウオ、ブリ、マアジ、マイワシ、ケンサキイカ、スルメイカ	○	○		○	○
5	アカガレイ、キュウリエソ、ソウハチ、ブリ	○	○			○	
6	アカガレイ、キュウリエソ、ブリ	○	○				
14 天草― 五島沖	2	ブリ、マアジ、マイワシ、マサバ、スルメイカ	○	○			○

(出典)

*1：基準 2

- ・水産総合研究センター，魚種別系群別資源評価（52種 84系群）[17]
- ・漁業情報影響図等

*2：基準 5（クロロフィル濃度）

- ・NEO (NASA Earth Observations)[18]

*3：基準 6 多様度指数 ES(10)

- ・環境省，自然環境保全基礎調査．[19] ・GBIF[14] ・OBIS[20]

*4：基準 8

- ・續・中尾（1986）[21]

*5：基準 8

- ・バードライフ・インターナショナル（2012）[22]