



مجله علمی ترویجی پژوهشگاه صنعت نفت

چکیده

عنایت ویژه به برنامه‌های کلان و به بیان بهتر استراتژی‌های توسعه در صنعت نفت، جهت دستیابی به اهداف چشم‌انداز و همچنین برنامه پنجم در حوزه صنعت نفت امری لازم و ضروری است. یکی از مسائل مهم در توسعه صنعت نفت، تعیین اولویت‌های فناوری است. موفقیت در پیاده‌سازی زنجیره "ایده تا بازار" و کسب پیشرفت مناسب در صنعت نفت، توجه خاصی را نسبت به اولویت‌های راهبردی و استراتژیک در برنامه فناوری می‌طلبد. از همین منظر توسعه فناوری از اهداف اساسی صنعت نفت به‌شمار رفته و یکی از پیش‌نیازهای توسعه فناوری در یک سازمان، صنعت یا کشور، تعیین اولویتها و استراتژیهای فناوری باتوجه به توانایی‌های سازمان یا صنعت است. در این راستا توجه به محیط رقبا خصوصاً آن‌دسته از رقبایی که تلاش ویژه‌ای در جهت فراملی نشان دادن خود دارند، اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. مطالعه روند توسعه و استراتژی پیشرفت و چالش‌های استخراج شده در حوزه فناوری این شرکت‌ها می‌تواند مسیر آینده جهان و نیازمندی‌های آن را روشن‌تر سازد و صنعت نفت کشور را برای برنامه‌ریزی و تدوین استراتژی‌های موثر و کارآمدتر یاری رساند. در این مقاله تلاش می‌شود تا به نقشه راه فناوری در دو کشور پیشرو یعنی نروژ و ژاپن پرداخته و اولویت‌های فناوری و حوزه‌های هدف هر کدام تبیین شود.

واژگان کلیدی فناوری، استراتژی فناوری، حوزه‌های هدف، صنعت نفت، نروژ، ژاپن

مقدمه

صنعت نفت به مثابه یک کسب و کار بالغ و مبتنی بر فناوری‌های پیشرفته، در طول تاریخ خود شکل‌دهنده دورنمای انرژی بوده و به‌عنوان بزرگترین و یکی از مهمترین صنایع در جهان شناخته می‌شود.

این صنعت به شدت متأثر از تغییر و تحولات رخ داده در محیط نوآرانه بوده و به‌منظور اکتشاف، توسعه و تولید از میادین نفت و گاز، انجام سرمایه‌گذاری‌های گسترده در تجهیزات پیشرفته و عملیات پیچیده و پرهزینه آن اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین در پیشبرد اهداف کوتاه‌مدت و بلندمدت این صنعت، نقش فناوری‌ها، چه از نوع محصول

و چه فرایند که در قالب آن تجهیزات و عملیات مطرح می‌شوند، بسیار حیاتی خواهد بود.

در این راستا توجه و مطالعه نمونه‌هایی از کشورهای توسعه‌یافته و پیشرو در حوزه بالادستی نفت و گاز مسیر پیش‌رو را شفاف‌تر می‌کند. از این روی، در این مقاله نقشه راه فناوری و اولویت‌های فناوری دو کشور نروژ و ژاپن مورد واکاوی قرار گرفته است. چرایی توجه به کشور نروژ از آن جهت است که این کشور از اولین کشورها در زمینه تبیین و تدوین استراتژی توسعه فناوری در جهان است. گرچه سابقه اکتشافات نفتی در این کشور تنها به ۳۰ سال پیش بازمی‌گردد، اما هم‌اکنون یکی از پیشروترین و بهترین کشورها در حوزه فناوری

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات (karimimoj@ripi.ir)

فناوری و برنامه‌ریزی در جهت فروش این فناوری در حوزه نفت و گاز، توانسته است بازار مشخصی را برای خود در عرصه بین‌الملل و کشورهای صاحب نفت ایجاد کند.

۱- کشور نروژ

دولت نروژ و به طور خاص وزارت نفت و انرژی آن کشور، اهمیت ویژه‌ای را برای تحقیق و توسعه فناوری قائل است و معتقد است که فناوری به‌عنوان تنها و مهمترین عامل برای کاهش هزینه و افزایش قدرت رقابت‌پذیری در صنعت نفت و گاز نقش کلیدی ایفا می‌کند و می‌توان از آن به‌عنوان بهترین ابزار برای مواجهه با چالش‌های پیش‌روی صنعت در آینده، بهره گرفت. بر همین اساس در سال ۲۰۰۱ وزارت نفت و انرژی نروژ اقدام به ایجاد سازمانی تحت عنوان نفت و گاز در قرن ۲۱ نموده است.

این سازمان متولی تهیه استراتژی ملی فناوری در صنعت نفت و گاز نروژ شده است. اهداف و ماموریت‌های سازمانی که از سوی وزارت نفت و انرژی به OG21 محول شده است عبارت است از:

"ایجاد ساختار و سازمانی پایدار برای تحقیق و توسعه فناوری صنعت نفت و گاز" [۱]
سازمان OG21 در سال ۲۰۰۲ سندی تحت عنوان استراتژی ملی فناوری برای خلق ارزش و ارتقاء رقابت‌پذیری در صنعت نفت و گاز منتشر نمود. این سند به‌طور پیوسته مورد ارزیابی و بازبینی قرار گرفته و بر اساس این بازبینی‌ها، طی سالهای گذشته ویرایش‌های جدیدتری از آن منتشر گردیده است [۲].

در ادامه، متدولوژی تدوین استراتژی تحقیق و توسعه فناوری صنعت نفت و گاز نروژ که توسط این سازمان تهیه شده است، تشریح می‌گردد.

۱-۱- چشم‌انداز صنعت نفت و گاز نروژ

به‌منظور دستیابی به پیشرفت چشمگیر و کسب بازار رقابتی در جهان، کشور نروژ موضوعات زیر را به‌عنوان چشم‌انداز صنعت نفت و گاز خود مطرح کرده است:

- توسعه پایدار و تلاش برای حفظ محیط زیست
- افزایش نرخ جایگزینی ذخایر (پیدا کردن ذخایر جدید برای جبران تولید)
- افزایش نرخ بهره‌دهی هیدروکربن‌ها
- ایجاد فناوری‌های مقرون به صرفه برای توسعه

مناطق قطبی
توسعه میدان‌های حاشیه‌ای (میدانی که برای توسعه سودآور نیازمند فناوری جدید هستند)
افزایش ارزش افزوده گاز
افزایش و توسعه توانایی‌ها و بکارگیری آن در صنعت
افزایش صادرات فناوری

بازه زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۰

- موفقیت در اکتشافات
- تزریق گاز CO2 جهت ازدیاد برداشت

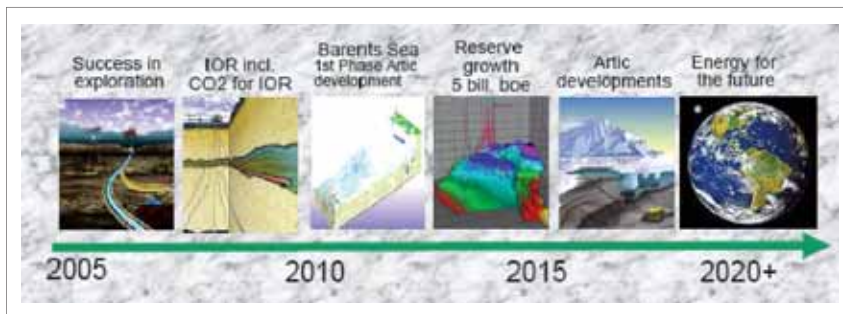
بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۵

- بهره‌برداری از فاز اول دریای برنت
- رشد ذخایر به ۵ میلیارد بشکه

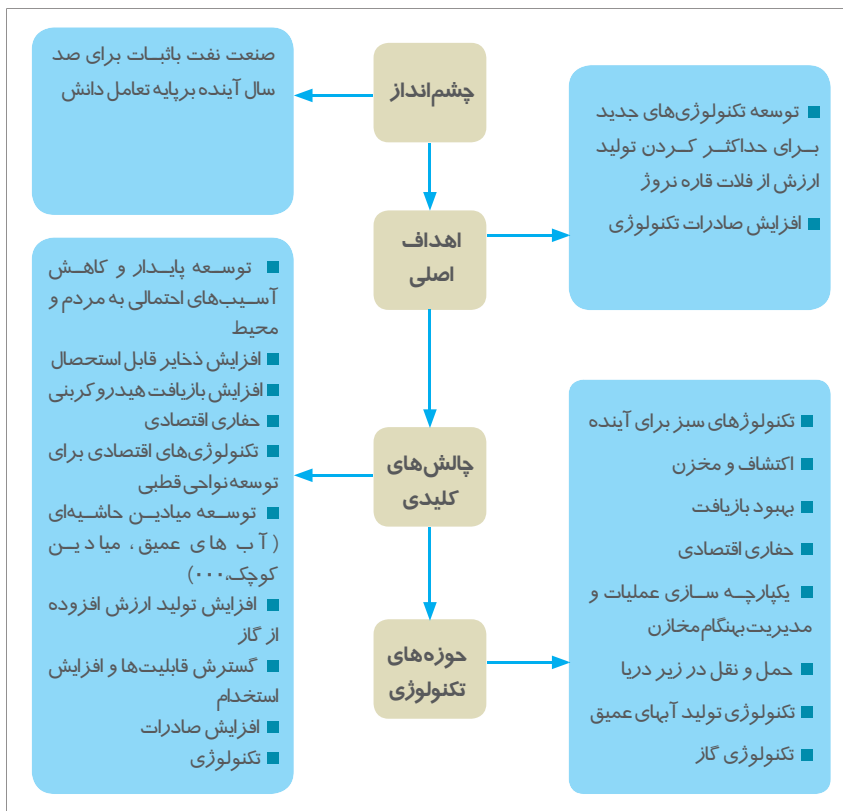
بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۲۰

کشور نروژ جهت نائل شدن به چشم‌انداز

۱-۲- نقشه راه



شکل ۱ | نقشه راه فناوری نروژ در بخش بالادستی



شکل ۲ | نقشه راه توسعه فناوری در بخش بالادستی نفت و گاز نروژ

- توسعه در قطب
- انرژی برای آینده

۳-۱- حوزه‌های هدف و چالش‌های کلیدی صنعت بالادستی نفت و گاز در کشور نروژ

احراز اهداف چشم‌انداز در بازه زمانی مشخص شده نیازمند تعیین حوزه‌های هدف و چالش‌های کلیدی و نیز بیان اولویت‌ها است. در شکل ۲ نقشه راه توسعه فناوری در بخش بالادستی نفت و گاز نروژ نشان داده شده است. استراتژی تدوین شده نفت و گاز نروژ به موارد زیر می‌پردازد:

- چالش‌های پیش روی صنعت نفت و گاز نروژ
- مشخص کردن اولویت‌های سرمایه‌گذاری
- فعالیت‌های خاصی که برای اهداف مشخصی به صورت خاص مورد نیاز است.
- مشخص کردن اهداف، دیدگاه‌ها و جهت‌گیری‌ها

اولویت‌ها و چالش‌های کلیدی نروژ در بخش‌های بالادستی صنعت نفت بسیار وسیع است اما به‌عنوان نمونه در اینجا به اولویت‌های بخش اکتشاف اشاره می‌شود (جدول ۱).

۲- ژاپن

شرکت ملی نفت، گاز و فلزات ژاپن^۷ مسئول فراهم نمودن امنیت تأمین نفت و گاز آن کشور است و اتحادیه گاز ژاپن^۸ نیز که ۲۶۰ شرکت فعال در زمینه کسب و کار گاز طبیعی دارد، یکی دیگر از بازیگران اصلی صنعت گاز ژاپن به شمار می‌آید.

سیاست‌گذاری و نظارت بر مبحث انرژی ژاپن بر عهده دفتر منابع طبیعی و انرژی است. از آنجایی که ژاپن همواره با مسائل زیادی در زمینه انرژی، از جمله افزایش قیمت نفت، رقابت جهانی جهت دست یافتن به منابع انرژی و مباحث مرتبط با گرم شدن زمین، مواجه بوده است، این دفتر با طراحی سیاست‌هایی جامع، سعی بر رفع این دسته از چالش‌ها دارد.

دفتر مذکور در کنار ایجاد تنوع در تأمین کنندگان منابع ژاپن، سعی دارد ثبات و امنیت تأمین انرژی ژاپن را از طریق افزایش ذخیره‌سازی نفت، فراهم سازد.

۱-۲- استراتژی فناوری انرژی ژاپن

استراتژی فناوری نفت و گاز ژاپن (نقشه



شکل ۱ | اولویت‌های کشور ژاپن در صنعت بالادستی نفت و گاز

حوزه تمرکز	اولویت‌ها	چالش‌های کلیدی/دانش و فناوری جهت ارزش افزایی
فیزیک ژئو	سنگ شناسی	پیش‌بینی بهتر خواص سنگ و سیال
	عکس برداری در اعماق	ارتقا تصاویر لرزه نگاری بخصوص در اعماق
	تصاویر سه بعدی	تصاویر سه بعدی
شبیه سازی، مدل سازی و پیش‌بینی مخازن	پارامترهای استاتیکی، سه بعدی و ژئوشیمی اولیه	دریای شمال در فناوری لرزه نگاری چهاربعدی و فناوری ردیاب (tracer) پیشرو است و باید دانش و تکنیک‌های خود را در این حوزه‌ها توسعه دهد تا باز یافت مخازن را بهبود بخشیده و سهم بازار جهانی را به خود اختصاص دهد.
	پارامترهای دینامیکی چهاربعدی (شامل عمر خاصیت لرزه ای میدان)، ژئوشیمی و فناوری ردیاب	انسجام داده‌ها (استاتیک و دینامیک) عنصر کلیدی در توصیف موفق مخزن و اکتشاف می‌باشد و در نتیجه ابزارهایی جهت انسجام بخشیدن به اطلاعات قطعی منابع و تکنیک‌های مختلف لازم است.
	مدل‌سازی به هم پیوسته	حل چالش مدل کردن چاه‌های افقی و ماریج چند شاخه به‌عنوان یکی از حوزه‌های با اهمیت مطرح است.
رسوب شناسی و چینه‌شناسی	کالیبراسیون در حوزه‌های در حال اکتشاف	جهت جمع آوری داده‌ها در زمینه چینه‌شناسی مخزن، سنگ منشا و تاریخچه گرمایی در مناطق نابالغ تحقیق و توسعه لازم بوده تا عدم قطعیت را در اکتشاف کاهش دهد. تلفیق مدل‌های سه بعدی چینه‌شناسی با کیفیت بالا در شبیه‌سازی، توصیف ناهمگونی میدان را با جزئیات بیشتر امکان‌پذیر کرده و به‌طور مستقیم درک عملکرد مخزن و برداشت‌نمای میدان را افزایش می‌دهد.
	توصیف رسوب‌شناسی مخزن با قدرت تفکیک‌پذیری بالا	
زمین شناسی ساختاری (ساختمانی)	در بر گرفتن رفتار دیواره و شکاف	فعالیت اصلی ایجاد ابزاری جهت تلفیق تحلیل کسل مهندسی حفاری، نمودارگیری و داده‌های لرزه نگاری است. می‌توان تراوایی شکاف را از طریق نمودارهای تصویری انجام داد که این کار از طریق اطلاعات هرزروی کل در حین حفاری انجام می‌پذیرد. این اطلاعات بعد از شروع بهره‌برداری و با استفاده از داده‌های ردیاب، به‌روز رسانی می‌شوند.
	مشخص کردن تراوایی شکاف از ردیاب و نمودارهای تصویری ^۹	
سیستم‌های نفتی تلفیقی	فاکتورهای معمولی میادین نفت و گاز	بانک اطلاعاتی می‌تواند در جهت بررسی فاکتورهای مشترک در هر میدان نفت و گاز استفاده شود و بعد از آن جهت ارزیابی در سرتاسر جهان گسترش یابد.
	اندازه گیری دما و آنالیز حوضه‌های رسوبی	کنته‌ای که در این قسمت نیاز است ارزیابی روش‌های گرمایی نشانگر ^{۱۰} است. مهاجرت اولیه و ثانویه از سنگ منشا، و نشانگرهای معمول آنها موضوعاتی هستند که به‌طور پیوسته در حال مطالعه و بهبود هستند.
شیمی و فیزیک سنگ	پیش‌بینی سنگ و سیال	پیش‌بینی سنگ و سیال از راه لرزه نگاری به داده‌های مناسب سنگ شناسی وابسته است. به‌همین دلیل و با وجود پیشرفت‌های قابل توجه، بسیاری از فرایندهای کلیدی هنوز کاملاً ناشناخته مانده‌اند. (رابطه تاریخچه زمین شناسی و فیزیک سنگ). استاندارد برای بانک اطلاعات خواص سنگها باید ایجاد و توسعه یابد.
	بانک اطلاعاتی جامع	
ژئومکانیک	فرآیند دیازیز، میزان باز و بسته بودن شکاف‌ها و تغییرات فضاهای متخلخل	تفسیر مکانیک سنگ که شامل آنالیز استرس نیز باشد بخش مهمی در فرآیند مدل‌سازی مخزن است و باید ارتقا یابد.
	مکانیک سنگ و آنالیز استرس	توسعه وسایلی که قابلیت اندازه گیری فشار در لایه‌های شیلی را دارند باعث کاهش ریسک حفاری می‌شود. بکارگیری ژئومکانیک باعث دقت در پیش‌بینی عملکرد تخلیه‌ای مخزن خواهد شد.



که علاوه بر کاربردهای داخلی با هدف پیشرو بودن در زمینه فناوری و با رویکرد تقویت موقعیت رقابتی و افزایش میزان صادرات فناوری تعریف شده‌اند. تحقیقات در زمینه فناوری‌های کم‌هزینه حفاری و ازدیاد برداشت مخازن از این جمله‌اند. اما در مورد کشور ژاپن، از آنجایی که این کشور، منابع قابل توجهی از نفت و گاز در اختیار ندارد، لذا محوریت تحقیقات خود در حوزه فناوری را زمینه‌های بین‌المللی قرار داده است. به‌طور کلی کشور ژاپن با آنکه خود دارای ذخایر گاز طبیعی نیست، اما برنامه‌های متنوعی برای تحقیق و توسعه فناوری در صنعت نفت و گاز دارد.

نکته قابل توجه در مورد این دو کشور آن است که این کشورها یک برنامه هادی و استراتژی مشخصی را در حوزه نفت و گاز خود تدوین کرده‌اند که کلیه فعالیت‌های تحقیق و توسعه در این حوزه (صرف نظر از اینکه فعالیت‌های تحقیق و توسعه توسط نهادهای دولتی یا شرکت‌های بخش خصوصی انجام گیرند)، در چارچوب آن و در راستای تحقق آن معنی پیدا می‌کند. این مطالعه نشان داد که کشوری می‌تواند در حوزه فناوری، تولید و صادرات آن موفق باشد که در یک برنامه ریزی منسجم و منطقی و با کمک بخش‌های مختلف صنعت و مراکز تحقیق و توسعه، به تبیین و تدوین اولویت‌های فناوری و حوزه‌های هدف آن پرداخته و در یک زمان‌بندی مشخص، آنرا پیگیری نماید. ■

توسعه میادین غیرمتداول هیدروکربوری	
۲۰۳۰	۲۰۲۰
<ul style="list-style-type: none"> تکنولوژی توسعه میادین متان، تکنولوژی ارزیابی منابع هیدرات متان (MH) 	<ul style="list-style-type: none"> تکنولوژی توسعه میادین متان، تکنولوژی ارزیابی منابع هیدرات متان (MH)
<ul style="list-style-type: none"> نمونه اولیه توسعه دکل‌های حفاری مخصوص MH ژاپن چشم‌انداز نقشه منابع فراساحل MH ارزیابی منابع فراساحل MH کاربرد میدانی تکنولوژی مدلسازی میدان بکارچه MH تکنولوژی ارزیابی منابع MH 	<ul style="list-style-type: none"> توسعه دکل‌های حفاری مخصوص MH ژاپن چشم‌انداز نقشه منابع فراساحل MH ارزیابی منابع فراساحل MH کاربرد میدانی تکنولوژی مدلسازی میدان بکارچه MH تکنولوژی ارزیابی منابع MH
<ul style="list-style-type: none"> تکنولوژی اکتشاف برای مخازن غیر ماسه‌ای تحقیقات روی مکانیزم جمع‌آوری MH تکنولوژی توسعه و تولید 	<ul style="list-style-type: none"> تکنولوژی اکتشاف برای مخازن غیر ماسه‌ای تحقیقات روی مکانیزم جمع‌آوری MH تکنولوژی توسعه و تولید
<ul style="list-style-type: none"> کاربرد میدانی تکنولوژی پیشرفته تولید متان روشن بهره‌برداری منابع فراساحلی MH ژاپن سیستم تولید MH پایلوت فراساحلی تست تولید در فراساحل (فاز ۲) تست تولید در خشکی سیستم تولید MH فراساحل حفاری فراساحل، تکنولوژی تکمیل و تولید 	<ul style="list-style-type: none"> کاربرد میدانی تکنولوژی پیشرفته تولید متان روشن بهره‌برداری منابع فراساحلی MH ژاپن سیستم تولید MH پایلوت فراساحلی تست تولید در فراساحل (فاز ۲) تست تولید در خشکی سیستم تولید MH فراساحل حفاری فراساحل، تکنولوژی تکمیل و تولید
<ul style="list-style-type: none"> امکان سنجی ارزیابی میدان MH فراساحلی ژاپن مطالعه و امکان‌سنجی اولیه در میادین MH ارزیابی اثر زیست محیطی کاربرد میدانی تکنولوژی پایش بنائسپل اثر زیست محیطی تکنولوژی تخمین اثر زیست محیطی جامع HSE 	<ul style="list-style-type: none"> امکان سنجی ارزیابی میدان MH فراساحلی ژاپن مطالعه و امکان‌سنجی اولیه در میادین MH ارزیابی اثر زیست محیطی کاربرد میدانی تکنولوژی پایش بنائسپل اثر زیست محیطی تکنولوژی تخمین اثر زیست محیطی جامع HSE
<ul style="list-style-type: none"> شن‌های نفتی، شیل‌های نفتی، تولید و سبک‌سازی نفت سنگین کاربرد میدانی مطالعه رفتار آسفالتین کاربرد میدانی تست میدانی SAGD ارزقاء روش تزریق هوا و تزریق آتش، روش الکتریکی گرمایی توسعه تکنولوژی تولید سرد (COLD-PRODUCTION) کاربرد میدانی تکنولوژی توسعه تزریق دی‌اکسید کربن و هوا برای تولید شن‌های نفتی کاربرد میدانی تکمیل هوشمند با قابلیت دمای بالا (آپچه مورد نیاز جهت تولید شن‌های نفتی است) کاربرد میدانی کاربرد تکنولوژی لوزه تگاری پیشرفته برای شن‌های نفتی، توسعه تکنولوژی‌های نفت سنگین کاربرد میدانی مطالعه و مرور مجدد مطالعه روی مخزن نفتی تکنولوژی سبک‌سازی شن‌های نفتی (استفاده از آب ابر بحرانی Supercritical بررسی، تست اولیه، پایلوت، کاربرد میدانی و توسعه توسعه شیل‌های نفتی هیبریدی تست پایلوت و نمایش تست پایلوت مطالعه پایه 	<ul style="list-style-type: none"> شن‌های نفتی، شیل‌های نفتی، تولید و سبک‌سازی نفت سنگین کاربرد میدانی مطالعه رفتار آسفالتین کاربرد میدانی تست میدانی SAGD ارزقاء روش تزریق هوا و تزریق آتش، روش الکتریکی گرمایی توسعه تکنولوژی تولید سرد (COLD-PRODUCTION) کاربرد میدانی تکنولوژی توسعه تزریق دی‌اکسید کربن و هوا برای تولید شن‌های نفتی کاربرد میدانی تکمیل هوشمند با قابلیت دمای بالا (آپچه مورد نیاز جهت تولید شن‌های نفتی است) کاربرد میدانی کاربرد تکنولوژی لوزه تگاری پیشرفته برای شن‌های نفتی، توسعه تکنولوژی‌های نفت سنگین کاربرد میدانی مطالعه و مرور مجدد مطالعه روی مخزن نفتی تکنولوژی سبک‌سازی شن‌های نفتی (استفاده از آب ابر بحرانی Supercritical بررسی، تست اولیه، پایلوت، کاربرد میدانی و توسعه توسعه شیل‌های نفتی هیبریدی تست پایلوت و نمایش تست پایلوت مطالعه پایه
<ul style="list-style-type: none"> تولید و توسعه گاز غیر معمول (مخازن متان پایه زغالی (CBM)، مخازن گازی فشرده، شیل گاز، گاز طبیعی در عمق بالا) کاربرد میدانی شگافدار (ECBM) CBM کاربرد میدانی کاربرد گاز فشرده، شیل گاز کاربرد میدانی تکمیل و حفاری آب‌های عمیق/تکنولوژی سیستم‌های تولید گاز طبیعی در عمق اکتساب گاز طبیعی با غلظت بالای CO₂ کاربرد میدانی تکنولوژی تولید GTL فراساحل تکنولوژی تولید GTL مطالعه اولیه جدانشدن CO₂ کاربرد میدانی تست نمایش تست پایلوت در میدان واقعی مطالعه پایه 	<ul style="list-style-type: none"> تولید و توسعه گاز غیر معمول (مخازن متان پایه زغالی (CBM)، مخازن گازی فشرده، شیل گاز، گاز طبیعی در عمق بالا) کاربرد میدانی شگافدار (ECBM) CBM کاربرد میدانی کاربرد گاز فشرده، شیل گاز کاربرد میدانی تکمیل و حفاری آب‌های عمیق/تکنولوژی سیستم‌های تولید گاز طبیعی در عمق اکتساب گاز طبیعی با غلظت بالای CO₂ کاربرد میدانی تکنولوژی تولید GTL فراساحل تکنولوژی تولید GTL مطالعه اولیه جدانشدن CO₂ کاربرد میدانی تست نمایش تست پایلوت در میدان واقعی مطالعه پایه
<ul style="list-style-type: none"> اکتشاف و دست‌یابی به نسل جدید منابع هیدروکربوری غیر معمول 	<ul style="list-style-type: none"> اکتشاف و دست‌یابی به نسل جدید منابع هیدروکربوری غیر معمول

پانویس‌ها

- | | | |
|---|--|---|
| ¹ karimimoj@ripi.ir | ⁷ Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (JOGMEC) | ¹¹ JOGMEC |
| ² Oil and Gas in 21st Century (OG21) | ⁸ Japan Gas Association (JGA) | ¹² Upgrading |
| ³ Tracer | ⁹ Energy Technology Strategy (Technology Strategy Map 2007) | ¹³ Action Plan |
| ⁴ interwell tracer produion data | ¹⁰ TRC | ¹⁴ Intellectual property Management System |
| ⁵ Image log | | |
| ⁶ Thermal Indicator Methods | | |

منابع

- | | |
|---|---|
| [1] "Norway's Technology Strategy for Value Creation on the NCS and Enhanced Competitiveness in the Oil and Gas Industry", OG21, strategy document revised Aug 2006 | [4] «JOGMEC/TRC Long-term R&D Strategy toward 2030», December 2007 -Oil and Gas/Upstream Technology Unit Technology and Research Center -Japan Oil, Gas and Metals National Corporation |
| [2] "National Technology Strategy for Value Creation and Enhanced Competitiveness in the Oil and Gas Industry", OG21, strategy document revised Sep 2002 | [5] "New National Energy Strategy", Ministry of Economy, Trade and Industry Japan, May 2006 |
| [3] Energy Technology Strategy (Technology Strategy Map 2007), Agency for Natutal Resources & Energy, April 2007 | [6] Council for Science and Technology Policy JAPAN, "3rd Japan's Science and Technology Basic Policy Report", December 27, 2005 |
| | [7] http://www.npd.no/ |