

資料6-2

排出放射能影響調査事業及び排出放射性物質影響調査設備等整備等事業検証委員会（第1回）

R3.3.16

# 排出放射性物質環境影響調査（海域部分）

## 六ヶ所村沖合海洋調査成果

公益財団法人 日本海洋科学振興財団



# 六ヶ所村沖合海洋調査

## 目次

1) 調査事業の背景	・・・	3
2) 調査事業の目的・目標	・・・	4
3) 調査事業実施内容	・・・	5
4) 調査事業の変遷(実施概要線表)	・・・	6
5) 調査事業の成果		
5- 1) 六ヶ所村沖合の海況の把握: 海域の特徴	・・・	8
5- 2) 津軽暖流観測(目標①-a)	・・・	9
5- 3) フェリーを利用した津軽暖流観測(目標①-a)	・・・	10
5- 4) 係留式ブイ観測、その他の海洋観測の成果(目標①-a)	・・・	11
5- 5) 放出前放射性物質分布観測(目標①-b): バックグラウンドの把握	・・・	12
5- 6) 放出前放射性物質分布観測(目標①-b): 六ヶ所村周辺海域における表層 <sup>3</sup> H, <sup>129</sup> I濃度の推移	・・・	13
5- 7) 固有モデルの整備(目標②-a): 六ヶ所村沖合を対象とした固有モデルの基本構成	・・・	14
5- 8) 固有モデルの整備(目標②-a): 排出放射性物質放出後の分布の再現	・・・	16
5- 9) 固有モデルの整備(目標②-a): 海水循環モデルの再現状況(H25年頃)	・・・	17
5-10) 固有モデルの整備(目標②-a): 核種移行モデル(施設周辺海域での排出放射性物質)の再現	・・・	19
5-11) 固有モデルの整備(目標②-b): 海洋生物の生活史を考慮した海洋生物中の放射性物質濃度推定		
5-12) 運用システムの整備概念(今期整備中)	・・・	21
5) これまでの研究開発成果のアウトカム	・・・	22
6) 今後の計画	・・・	25
7) 今後の研究開発成果の普及活動の計画・期待されるアウトカム	・・・	28
8) 他機関との連携状況	・・・	29

## 1)調査事業の背景

当初、六ヶ所村に操業時には排出放射性物質が表に示す管理目標値で海洋への放出する使用済み核燃料再処理施設が2000年(平成12年)に竣工する予定であった。そのため大型再処理施設から周辺海域へ放出される放射性物質による影響を評価するための調査を行うことになった。

また、大型再処理施設の竣工が延期される中で、住民の安心・安全の醸成の観点から海洋へ放出された排出放射性物質の分布実態を表現するシミュレーションモデルの開発が必要となった。



出典：日本原燃HP

核種	放出量 ( Bq/年)	半減期
$^3\text{H}$	$1.8 \times 10^{16}$ ( $9.7 \times 10^{15}$ )	12.3年
$^{129}\text{I}$	$4.3 \times 10^{10}$ ( $4.3 \times 10^{10}$ )	1570万年
$^{131}\text{I}$	$1.7 \times 10^{11}$ ( $1.0 \times 10^{11}$ )	8日
その他の( $\alpha$ )	$3.8 \times 10^9$ ( $3.6 \times 10^9$ )	
その他の( $\beta$ 、 $\gamma$ )	$2.1 \times 10^{11}$ ( $9.5 \times 10^{10}$ )	

### 【参考】

$^3\text{H}$ の宇宙線による  
生成量

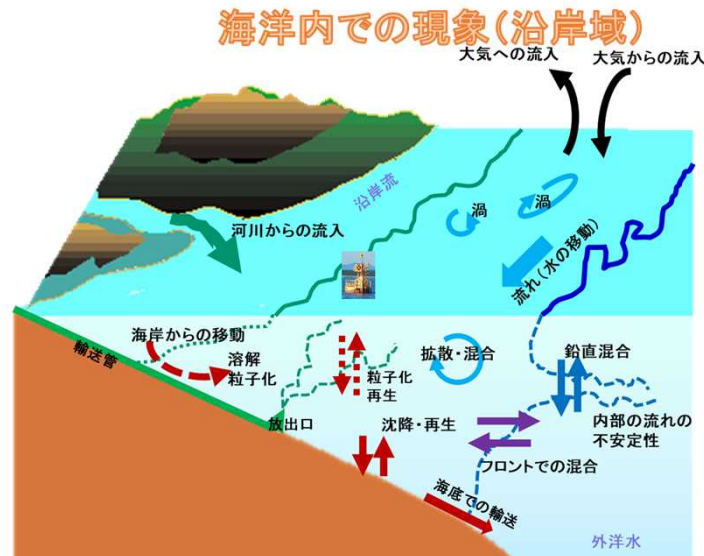
$7 \times 10^{16}\text{Bq/年}$

( )内は使用済み燃料の冷却期間の変更に伴い行われた放出管理目標値を変更後の値  
出典：「六ヶ所再処理施設における新規規制基準に対する適合性、使用済み燃料の冷却期間の変更(15年冷却)と安全設計及び安全評価への影響」令和元年12月10日日本原燃株式会社 公開版

## 2)調査事業の目的・目標

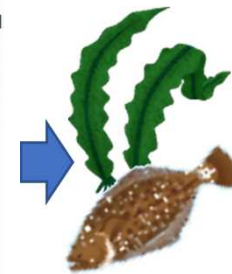
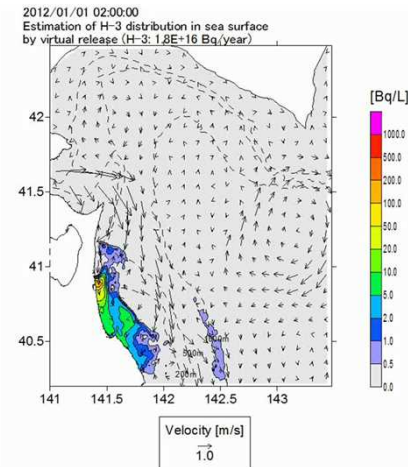
大型再処理施設から排出放射性物質の放出について青森県民(国民)の安心・安全の醸成のために大型再処理施設竣工後、

- ①施設から周辺海域へ放出される放射性物質の影響を海洋学の立場から適切に把握する。
- ②排出放射性物質の海洋の中での挙動をできる限り正確(より現実に即した)に再現する。



六ヶ所村沖合の海象、  
物質循環の理解

### 海洋中の放射性物質濃度の推定



海産生物中の  
放射性物質濃  
度の推定

排出放射性物質の安心・安全の醸成への

六ヶ所村沖合の海洋調査を実施し、そこから得られた情報を用いて排出放射性物質の分布推定を行うことで目的を達成する。

## 3) 調査事業実施内容

### 目標①に係る実施事項

#### a. 放射性物質を移動・移行に関わる沿岸域の海象(流れ場等)の把握

放射線防護の観点では平均的な六ヶ所村沖合の海象をもとに放射性物質の移動・移行を取り扱う。しかし、青森県民の安心・安全の醸成には、より複雑で、変動大きい六ヶ所村沖合の特徴を把握し、放射性物質の移行について示すことが重要となる。

#### b. 大型再処理施設から排出放射性物質が放出される前の放射性物質分布状況の把握

大型再処理施設からの放出が定常的になった時には排出放射性物質による影響部分を定量化することが求められる。そのための基礎データの収集。

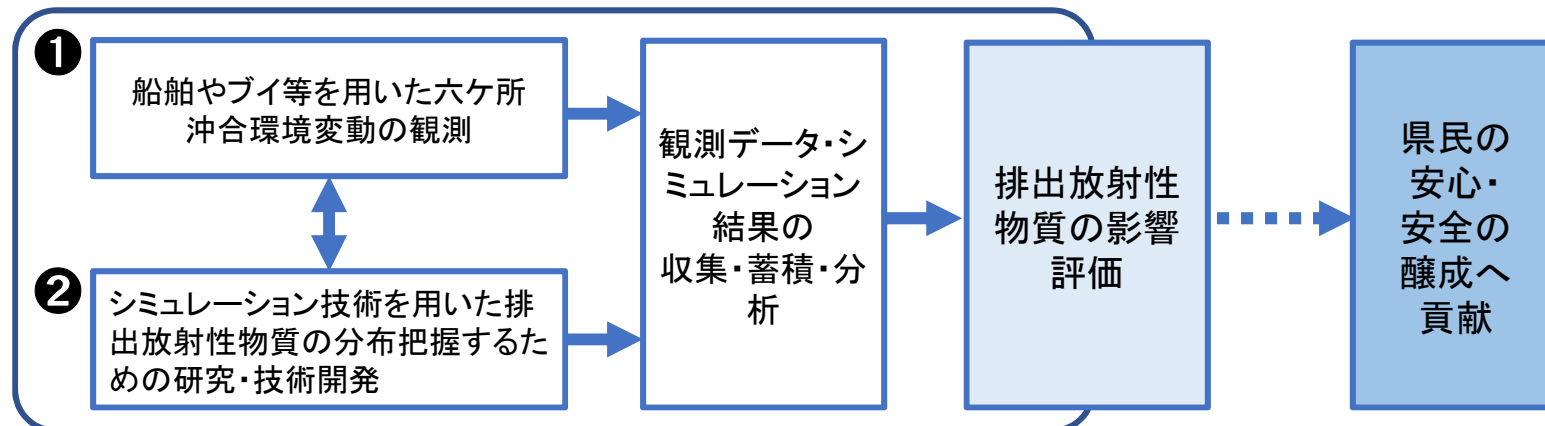
### 目標②に係る実施事項

#### a. 六ヶ所村沖合における放射性物質移行・拡散モデルシミュレーション手法の構築

目標①の結果等を反映したモデルを構築し、大型再処理施設からの放出後の結果を用いて調整・検証する。

#### b. 生息場や海洋中の移動を考量した海洋生物中の放射性物質濃度推定

上記のシミュレーション結果と生物の生息場、移動を反映した海洋生物への排出放射性物質の移行モデルの開発を行う。



# 六ヶ所村沖合海洋調査

## 4)調査事業の変遷(実施概要線表)

### 4-1)目標①

			H7~H14	H15~H20	H21~H28	H29~R3 中期計画1期				
六ヶ所村沖及び周辺海域の海況状況把握	海洋物理的観測	目標①-a	津軽暖流観測(渦モード、沿岸モードパターン観測)	← H18~ 船舶を用いた観測 →				津軽暖流の六ヶ所村沖合への影響調査、津軽暖流の広がり、影響範囲等ダイナミック変動の把握		
			フェリーを利用した津軽暖流観測(月、経年変動観測)		← H18~ フェリーを利用した観測 →				津軽暖流の六ヶ所村沖合への影響調査、海象長期変動の把握	
			放出口周辺詳細観測(係留式ブイ観測)	H11 整備検討	H15~H19 整備、計測	H19~H24 3基による計測	H24~ 2基体制へ移行			係留式ブイによる長期定点観測モデルとの比較用の連続的データを取得
			その他の海洋観測	←-----				放出口近傍観測		放射性物質の分布調査等に伴って行われた観測、放出口近傍における海洋観測など短期集中観測
	海洋化学的観測	目標①-b	放出前放射性物質分布観測	←-----						
			物質循環機構の把握		← RIの化学形態・堆積物の測定 →					溶存態・懸濁態・堆積物間の核種移行パラメータ取得
			モデル検証・調整用データ取得		← 放射性物質分布測定、潮流変動・伝播観測、海象観測 →					アクティブ試験以後のデータの取得、放出口付近の再現

・中期計画はH29年度から、それ以前は期間の定めがない



# 六ヶ所村沖合海洋調査

## 4)調査事業の変遷(実施概要線表)

### 4-2)目標②

			H7~H14	H15~H20	H21~H28	H29~R3 中期計画1期		
固有モデルの整備	固有モデルの較正、妥当性検証 及びその高分解能並びに高精度化	海水循環 モデル	当初モデル	固有現象の解析、海流モデルプログラム整備・改良			領域：襟裳岬～県境、環境解析用海流モデル、5km格子、外部境界条件等は単独設定	
			現行モデル	京大モデル	手法整備	外部条件変更、プログラム改修	1.5km格子、津軽暖流を概ね再現、高精度化(外部境界条件等変更)	
			高度化モデル		手法整備		300m格子、リアルな地形で計算、高精度化(外部境界条件等変更)	
		核種移行 モデル	現行モデル	SeaGearm適用	手法整備		観測との対比、改修	溶存態・懸濁態・堆積物分配を考えた拡散計算、観測値で最適化
			高度化モデル			手法整備	フィデータ活用、放出口付近再現	300m格子にも対応、核種移行モデル、噴流効果等の導入
		生活史を考慮した海洋生物中の放射性物質濃度推定	目標②-b			手法確立		生物の生活史を考慮した線量評価手法
	運用システム構築	法検討				目的対応計算手法の整備	目的に応じた最適な計算方法	
モデルのパラメータ等調整のための観測	データ	基礎			放射性物質分布測定、潮流変動・伝播観測、海象観測	「六ヶ所村沖及び周辺海域の海況状況把握」の観測の一部として実施		

・中期計画はH29年度から、それ以前は期間の定めがない

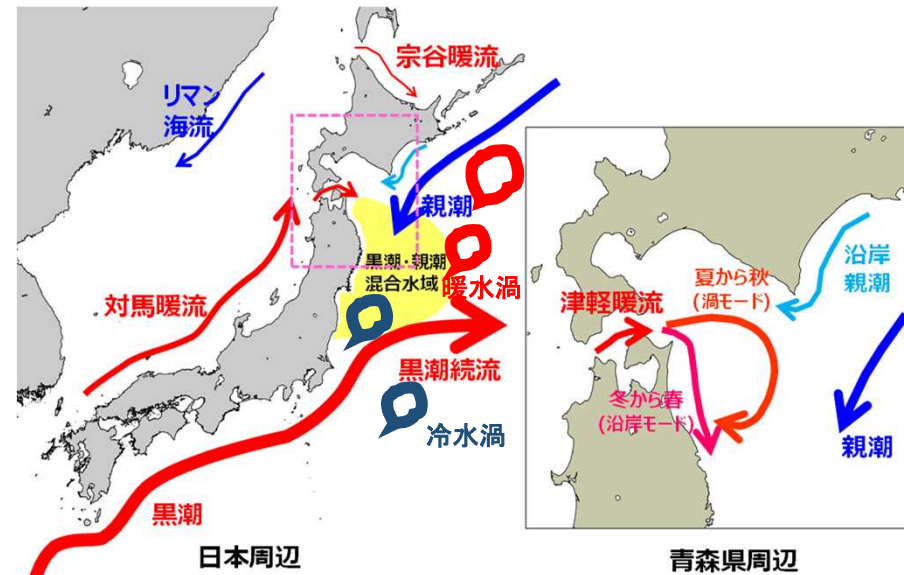
## 5)調査事業の成果

### 5-1)六ヶ所村沖合の海況の把握： 海域の特徴

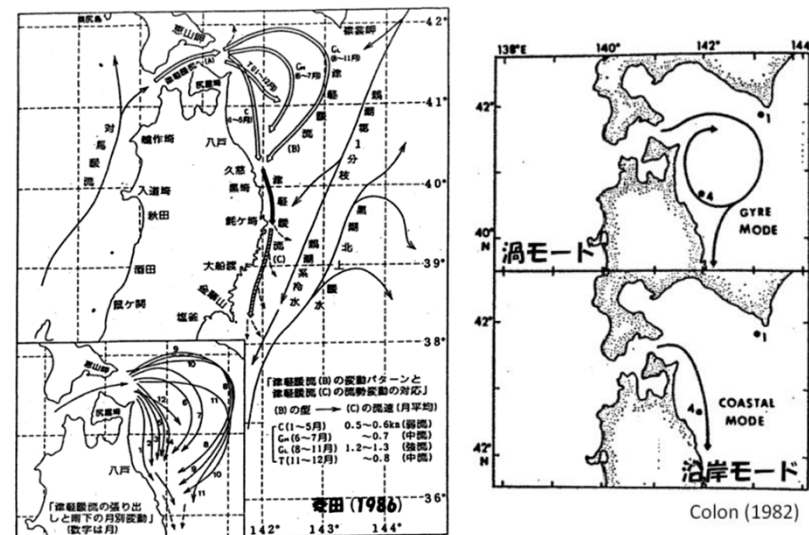
- **黒潮(高温・高塩分)、親潮(低塩・低塩分)**が混ざりあう三陸沖合海域の一部  
⇒世界でも有数な漁場を形成
- 六ヶ所村沖合へは**津軽暖流**が流れ込む  
**津軽暖流**:津軽海峡を通過する対馬暖流(九州南方で黒潮から分岐し、日本海を北上する海流)。日本海に流入した約7割が津軽海峡を通して太平洋へ流出。
- 六ヶ所村沖合へは親潮系の**沿岸親潮**が冬期から春期にかけて影響
- **津軽暖流**は六ヶ所村沖合で季節変動する  
夏から秋には六ヶ所村沖合で渦を形成(渦モード)し、冬から春には、青森県太平洋沿岸に沿って流れる(沿岸モード)。
- **排出放射性物質の放出は沿岸域**  
沿岸域は潮汐流、陸水(河川、湖沼水)の影響を受ける。



六ヶ所村沖合の海況は時間変動が大きく、複雑  
⇒海水の流れを正しく理解  
⇒六ヶ所村沖合の海況を反映した排出放射性物質の影響把握へ活用



六ヶ所沖合海域の海流



津軽暖流の基本的な分布パターン



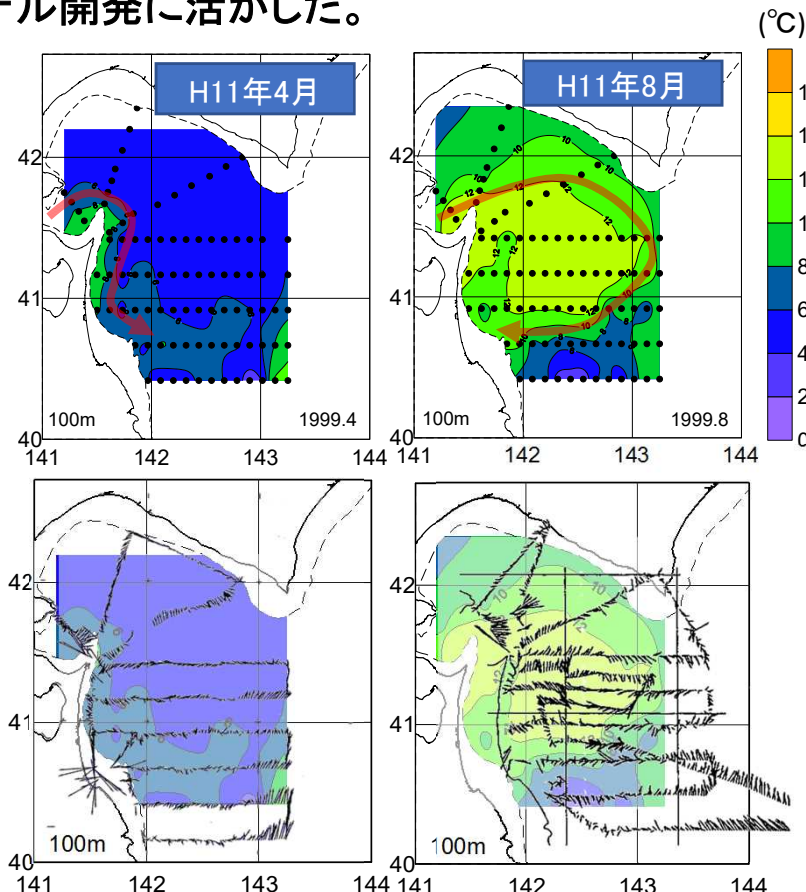
## 5)調査事業の成果

### 5-2)津軽暖流観測(目標①-a)

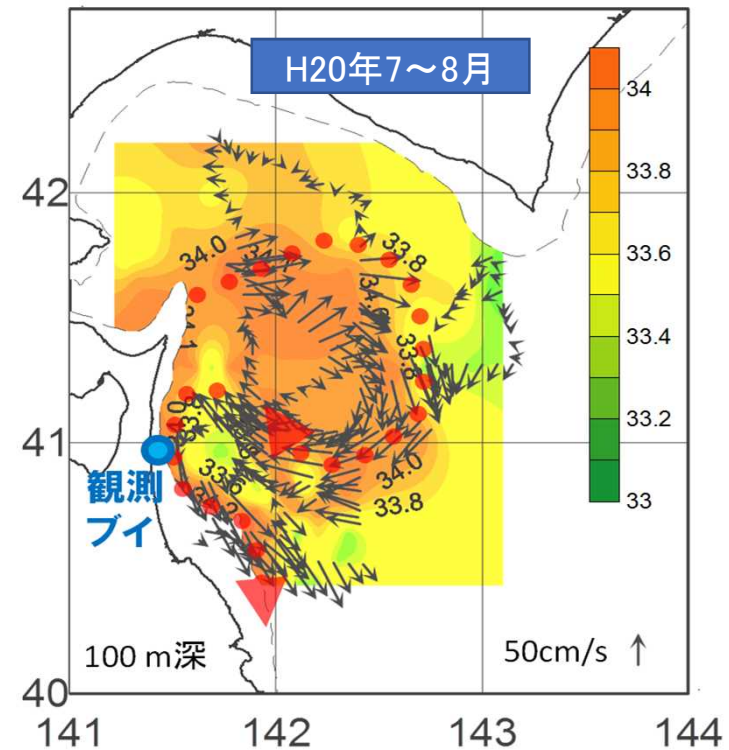
津軽暖水の渦モード期および沿岸モード時期に計22回観測を行った。渦、沿岸モード期の津軽暖流の張り出し状況やその年変動についての知見を得るとともにモデル開発に活かした。



周辺海域の海流の概要



下北半島周辺海域100m深における水温・流況の水平分布  
黒丸:観測点、赤矢印:津軽暖流の流れの様子(目安)

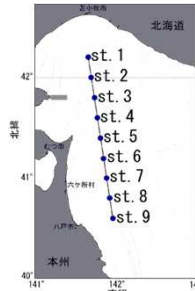


100 m深における塩分の水平分布と流速ベクトル

## 5)調査事業の成果

### 5-3)フェリーを利用した津軽暖流観測(目標①-a)

六ヶ所村沖合の温度・塩分の南北断面分布変動を得るためフェリーを用いて投下式温度・塩分計(XCTD)による観測を実施した。



#### <解析例>

図1は実測による塩分の断面分布の平成20年4月から8月までの時間変動

- ⇒ 津軽暖流域(□で囲まれた範囲)が4月は南側に偏っていたが5月には北へ広がり、7月に切り離された分布になった。
- ⇒ 津軽暖流の流れが図2のような変動をしていることが推定される。即ち、沿岸モードから渦モードへの移行過程が推定される。

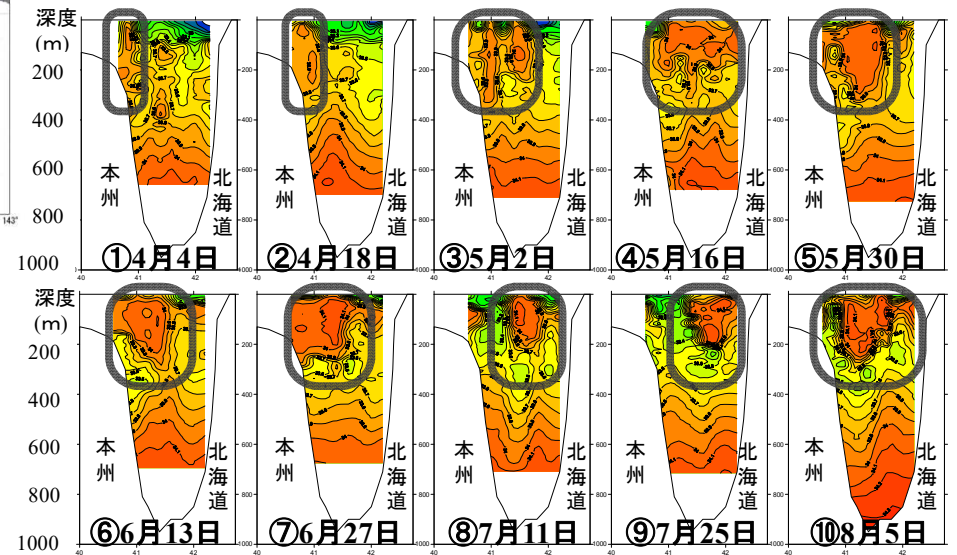


図1. 津軽暖流を横切る塩分の断面の時間変動(平成20年)  
□で囲まれた部分が津軽暖水と推定される範囲

フェリーを利用した津軽暖流観測から  
沿岸モード・渦モードの移行時期及び経年変動、質的な変動が把握できる。  
これらは排出放射性物質の六ヶ所沖合での移行・拡散及び滞留時間に影響している。

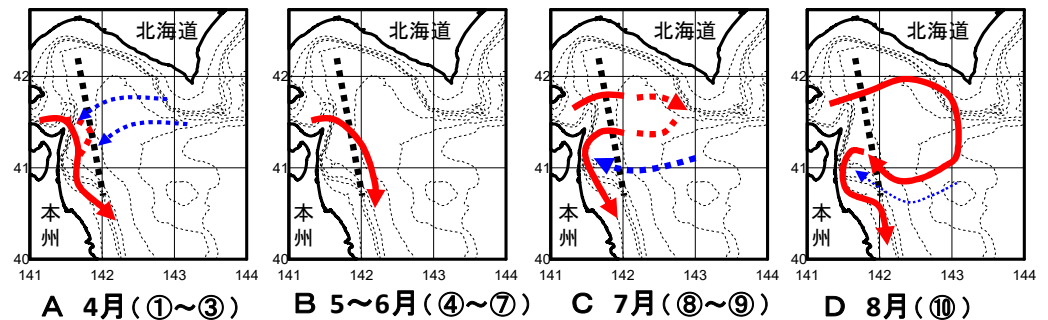


図2. 上段の図から推定される津軽暖水渦の形成過程

## 5)調査事業の成果

### 5-4)係留式ブイ観測、その他の海洋観測の成果(目標①-a)

係留式ブイでは排出放射性物質の放出時の噴流効果、潮汐効果についての知見を得るために放出口付近の現象を捉える観測が行われている。また、短時間変動、長期変動を捉えることも行っている。

係留ブイから得られる情報

- ・図2は潮流の周年変動を示している。夏期に南向きの流れが卓越している。これは、沖合に渦ができ(モード期)、その結果強い南向きの流れを生じさせている。季節的な変動以外にも、短い周期の変動もみられる。
- ・図3は係留式ブイから得られた風と流れの関係である。流れに数日周期の変動がみられる。同じような変動が風速にもみられ、流れは気象現象によって影響を受けていることが示唆される。
- ・図4. 潮流による20cm/sを超える大きな振幅の1日周期の流速変動がみられる。また、そのピークトップは北から南に伝播している。

これらの情報は固有モデルの精度向上(噴流の立ち上がり状況など)に利用される。

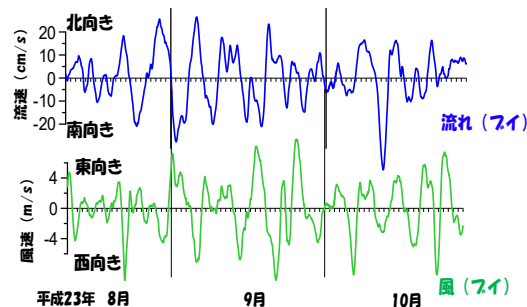


図3. 平成23年1月～12月の流速(南北成分)

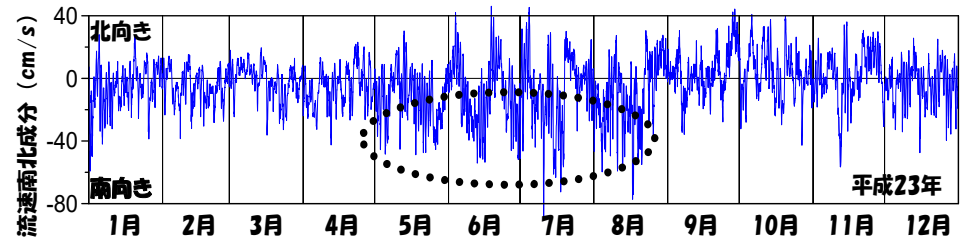


図2. 平成23年1月～12月の流速(南北成分)

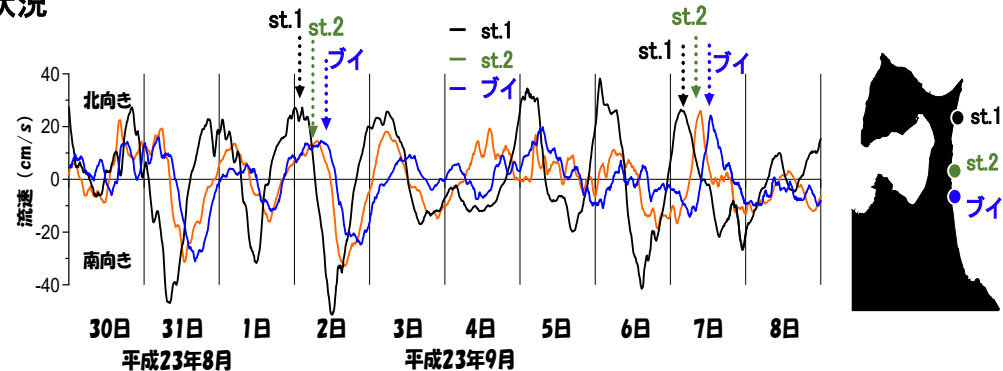


図4. Sta.1, Sta.2,係留ブイの平成23年1月～12月の流速(南北成分)

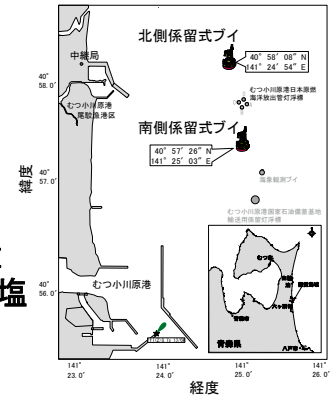
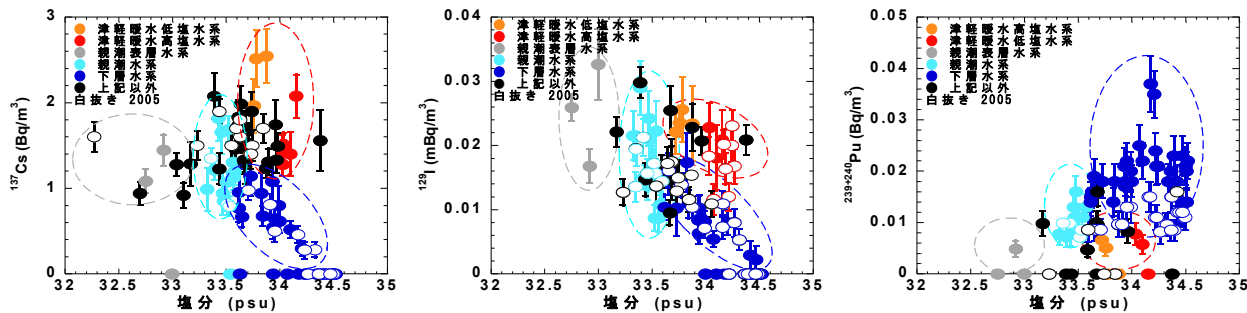


図1. 係留式ブイ設置位置  
(測定項目: 流向流速、水温、塩分、風向風速、気温、 $\gamma$ 線)

## 5)調査事業の成果

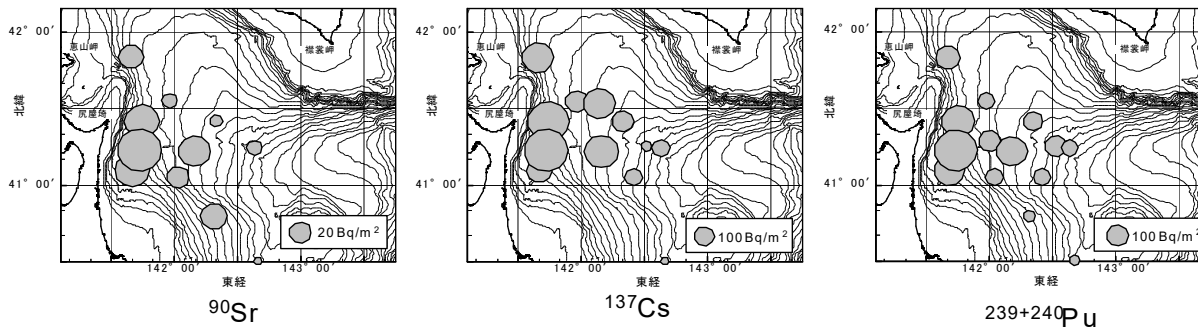
### 5-5)放出前放射性物質分布観測(目標①-b):バックグラウンドの把握

大型再処理施設竣工前の放射性物質の分布状況を把握し、大型再処理施設竣工後排出放射性物質の放出影響を評価するための基礎データを取得した。



水塊毎の違いが見られた。  
 津軽暖流系  $^{137}\text{Cs}$ : 1.3~2.6  $\text{Bq}/\text{m}^3$   
 $^{129}\text{I}$ : 検出限界以下~0.025  $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$   
 $^{239+240}\text{Pu}$ : 検出限界以下~0.016  $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$   
 親潮系  $^{137}\text{Cs}$ : 検出限界以下~1.8  $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$   
 $^{129}\text{I}$ : 0.008~0.033  $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$   
 $^{239+240}\text{Pu}$ : 検出限界以下~0.016  $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$   
 下層水系  $^{137}\text{Cs}$ : 検出限界以下~1.8  $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$   
 $^{129}\text{I}$ : 検出限界以下~0.025  $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$   
 $^{239+240}\text{Pu}$ : 0.012~0.038  $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$

海水中の人工放射性核種濃度と水塊の関係(～平成17年度データ)



核実験を主な起源とする人工放射性核種 ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  および  $^{239,240}\text{Pu}$ ) のインベントリー(蓄積量)は、下北半島東側の急斜面下の水深600~800 m付近が大きい。

六ヶ所村沖合海底土中の人工放射性核種インベントリー(平成16年度まで結果)



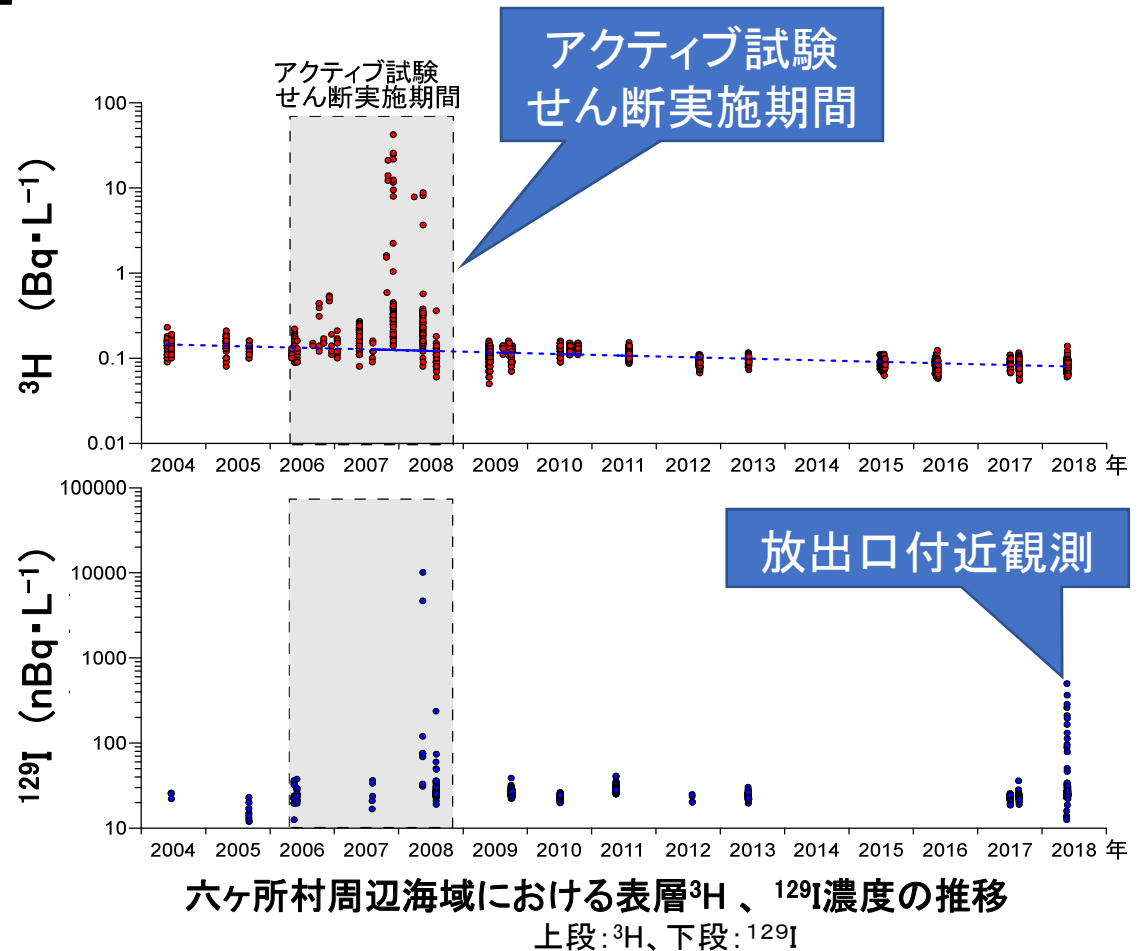
## 5)調査事業の成果

5-6)放出前放射性物質分布観測(目標①-b):

### 六ヶ所村周辺海域における表層<sup>3</sup>H, <sup>129</sup>I濃度の推移

海水中の放射性物質の経年変化について解析し、以下の結果を得た。

- <sup>3</sup>H、<sup>129</sup>Iのバックグラウンドレベル  
<sup>3</sup>H: 数1/10 Bq/L<sup>-1</sup>  
<sup>129</sup>I: 10~40 nBq/L<sup>-1</sup>
- <sup>3</sup>H、<sup>129</sup>Iの経年変動  
<sup>3</sup>Hには観測期間中減少傾向が見られた。
- 排出放射性物質の検出  
 <アクティブ試験>  
<sup>3</sup>H: 2桁半程度上昇  
<sup>129</sup>I: 最大3桁上昇  
 <アクティブ試験以後の高い値>  
 アクティブ試験以後僅かに放出されている<sup>129</sup>Iを2018年係留式ブイ上での時系列採水によって得た試料の分析によって検出





## 5)調査事業の成果

5-7)固有モデルの整備(目標②-a):

六ヶ所村沖合を対象とした固有モデルの基本構成

### 固有モデル

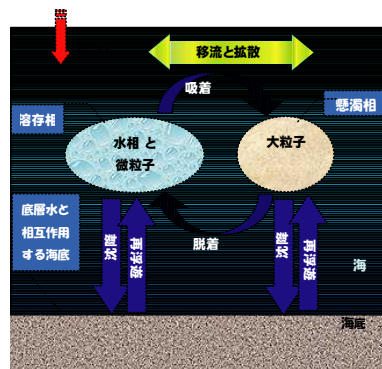
#### 海水循環モデル

全球モデルの結果を数段ネスティングし、六ヶ所村沖合を詳細に再現



#### 核種移行モデル

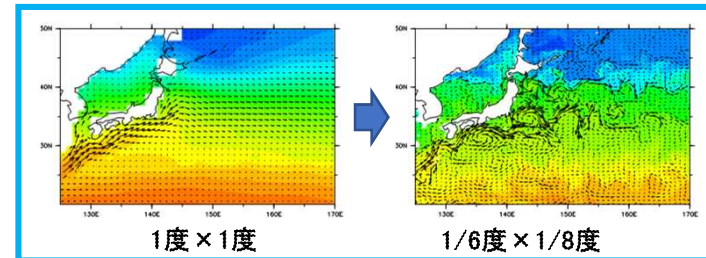
原研開発モデルを六ヶ所域に適用



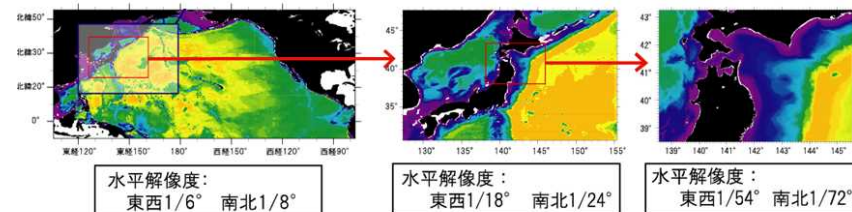
### 海水循環モデル

海水の移動を再現するモデル

六ヶ所村沖合について高解像度で再現するために固有モデルではネスティング手法を用いる。高分解能のモデルにすると現象を細かく表すことが可能となる(下図の上段)。一方、計算時間は指数関数的に増えて現実的でない。そこで目的の範囲に制限し、その境界条件を一段上の粗いモデルから得る方法が用いられる。このようにモデル領域内により高解像度化したモデルを入れ子にして、計算コストの削減と高解像度化とを両立させる手法をネスティングと呼んでいる。



高解像にすることでより現実的な流れを表現できる。



計算資源の節約のために目的の領域のみを高解像化する。14

## 5)調査事業の成果

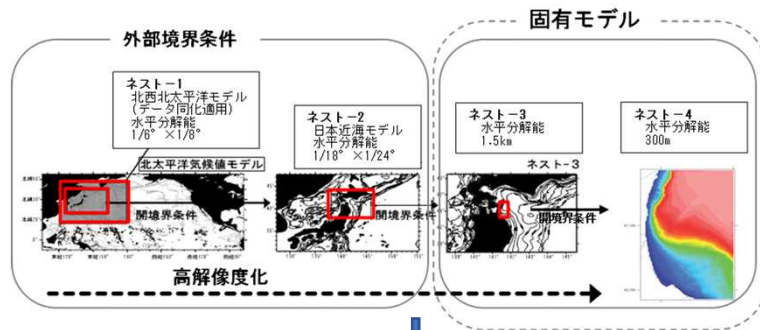
5-7)固有モデルの整備(目標②-a):

六ヶ所村沖合を対象とした固有モデルの基本構成

### 固有モデル

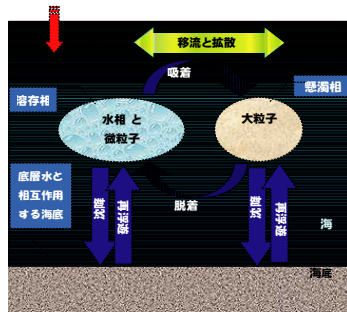
#### 海水循環モデル

全球モデルの結果を数段ネスティングし、  
六ヶ所村沖合を詳細に再現



#### 核種移行モデル

原研が開発したモデル(SeaGear)を六ヶ所村沖合域に適用

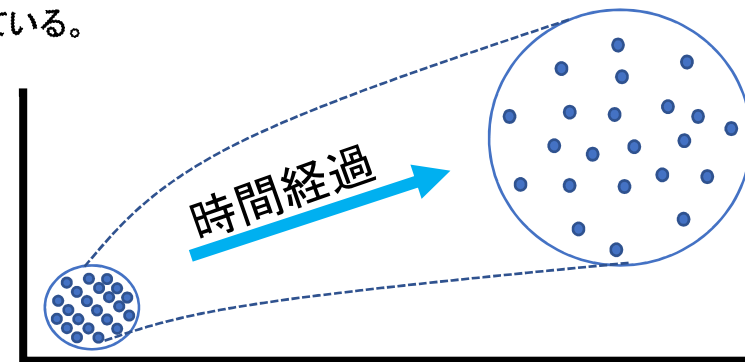


### 核種移行モデル

核種の海水中での拡散、移流について再現するモデル

日本原子力研究開発機構が開発したモデル(SeaGear)を六ヶ所村沖合に適用している。SeaGearは海洋中物質に模擬して多数の粒子を海水中に置き、その移行を計算する粒子拡散モデルが骨格となっている。粒子拡散モデルに海水循環モデルにより計算された海流データを入力として、流速に基づいて移流過程を計算し、粒子の拡散過程はランダムウォーク法を用いている。なお、海水中に存在する粒子状物質への放射性核種の吸着や脱着等の化学的な現象を考慮している。

大型再処理施設から放出される核種は $^3\text{H}$ ,  $^{129}\text{I}$ が主であると予想されるのでこれまで溶存態のみについてシミュレーションを行っている。微量に放出される他の核種については今後のテーマとしている。



時間経過とともに移動・広がる。

## 5)調査事業の成果

### 5-8)固有モデルの整備(目標②-a):排出放射性物質放出後の分布の再現

排出放射性物質の移行・拡散状況を再現するモデルを開発・整備した。  
計算結果の一例を左に示す。

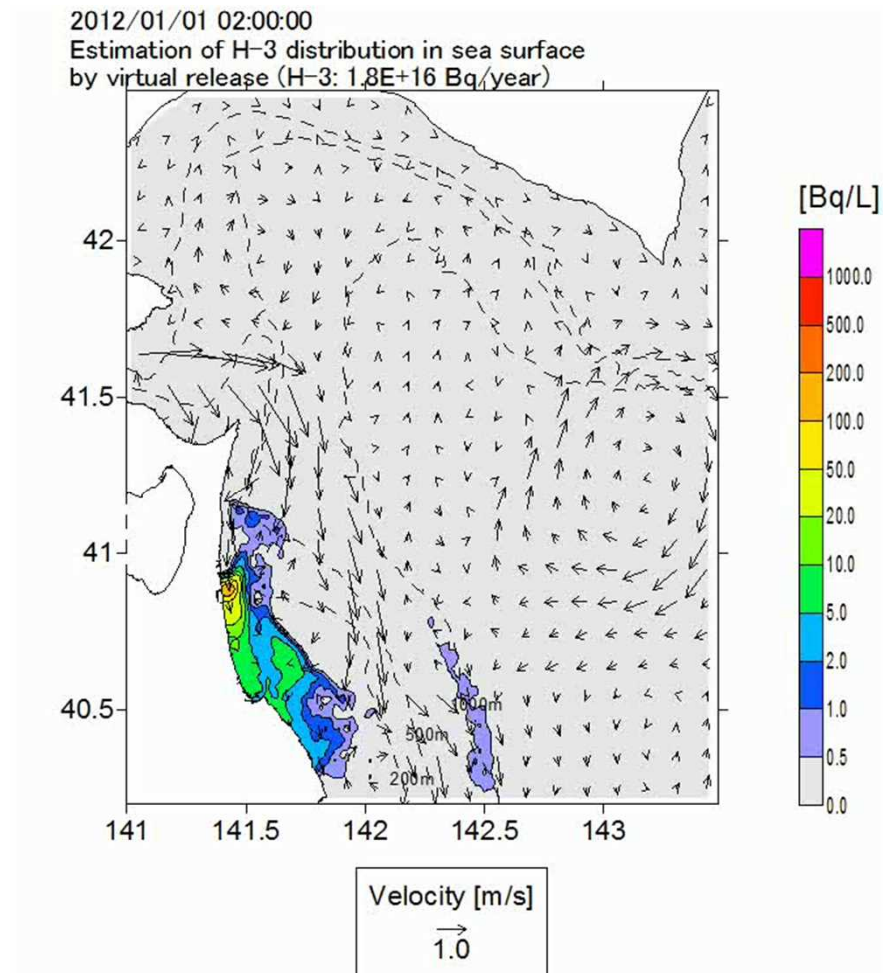
#### 計算条件(仮定)

#### 放出情報

毎日 6時間放出 放出水量(貯水量) 600m<sup>3</sup>  
一日の<sup>3</sup>H放出総量 4.9 × 10<sup>13</sup> Bq · d<sup>-1</sup>  
(年間の管理目標値1.8 × 10<sup>16</sup>Bq/年に相当)  
計算期間 2012年1月1日から1年間

#### 使用固有モデル

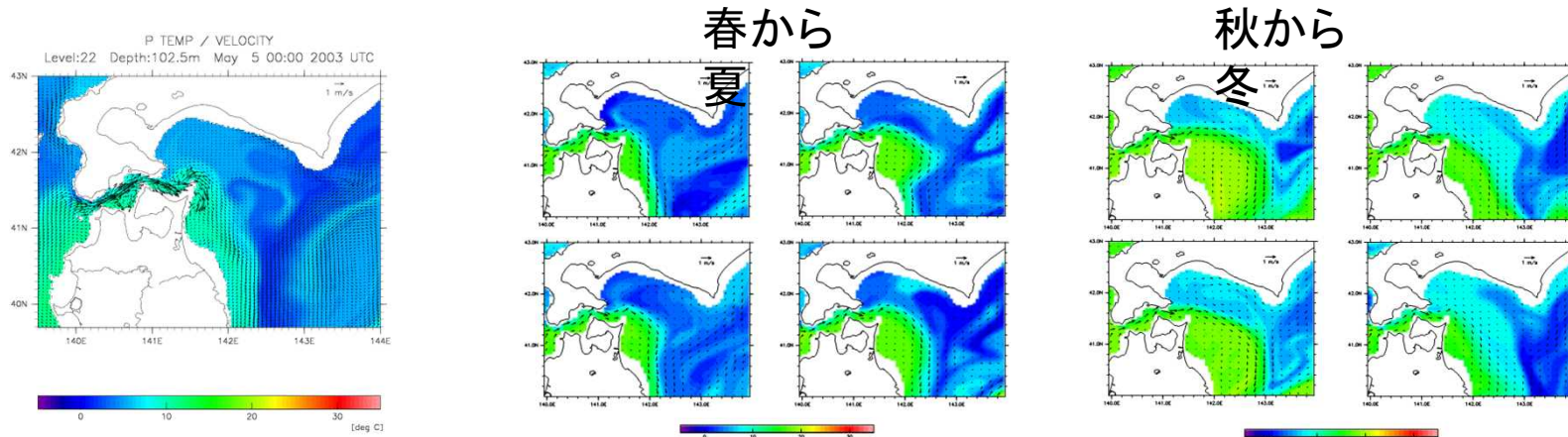
海水循環モデル H25年度までに整備した版  
水平解像度 1.5km  
外部条件: 京都大学海洋大循環モデル  
拡散移流モデル H25年度までに整備した版



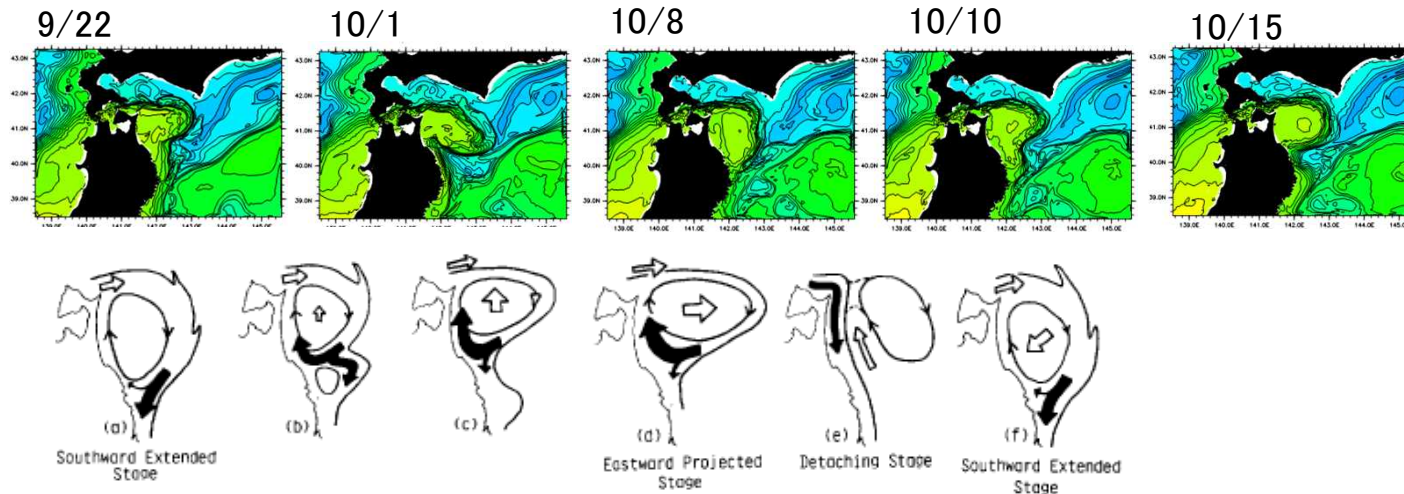


## 5)調査事業の成果

### 5-9)固有モデルの整備(目標②-a):海水循環モデルの再現状況(H25年頃)



津軽暖流が日本海側を北上し、津軽海峡を通過して、太平洋の本州沿岸を南下する様子、夏季には太平洋側で渦が形成される状況が再現されている。



観測データから推定されていた渦が東西に伸びたり、南北に長くなったりする季節内の変動が再現されている。なお、下段は安田らによる秋季津軽暖流の短期変動についての解析結果(安田ら、1998)。

## 5)調査事業の成果

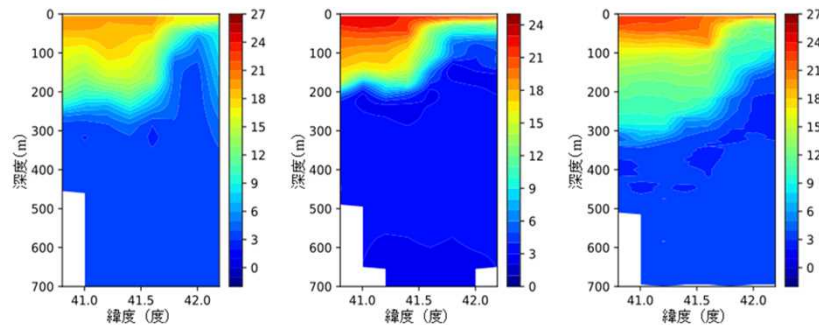
### 5-10)固有モデルの整備(目標②-a):海水循環モデルの再現状況

平成29年から外部条件として用いる情報を気象庁北西太平洋解析予報格子点資料に変更した。  
また、潮汐の効果を反映する調整を行った。

変更による利点:

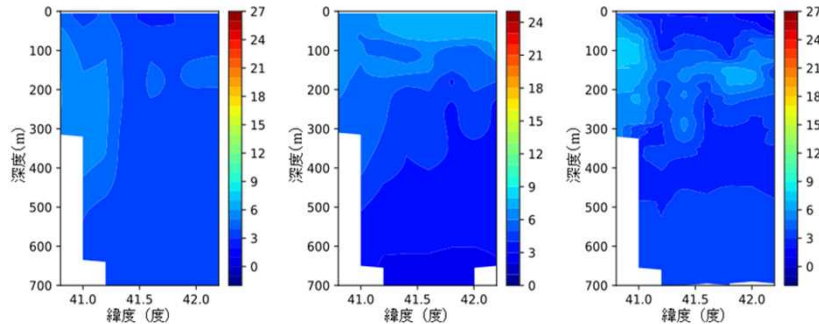
- ・定常的に得られる情報を常に用いることで県民からの要求に短時間で答えられる。
- ・沿岸域の状況をより正確に表せる。

平成23年9月8日



H25年当時のモデルより気象庁北西太平洋解析予報格子点資料を用い、調整を行ったことにより観測値をより再現できるようになった。

平成24年3月1日



発着 現在のモデル

H25年モデル

観測結果

フェリー観測断面における現在の海水循環モデル及びH25年度に整備されたモデルの水溫分布と観測水溫結果の比較

上段:平成23年9月8日、下段:平成24年3月1日の水溫断面、

左側:発展形モデル、中央:H25モデル、右側:フェリー観測結果



## 5)調査事業の成果

### 5-11)固有モデルの整備(目標②-a):

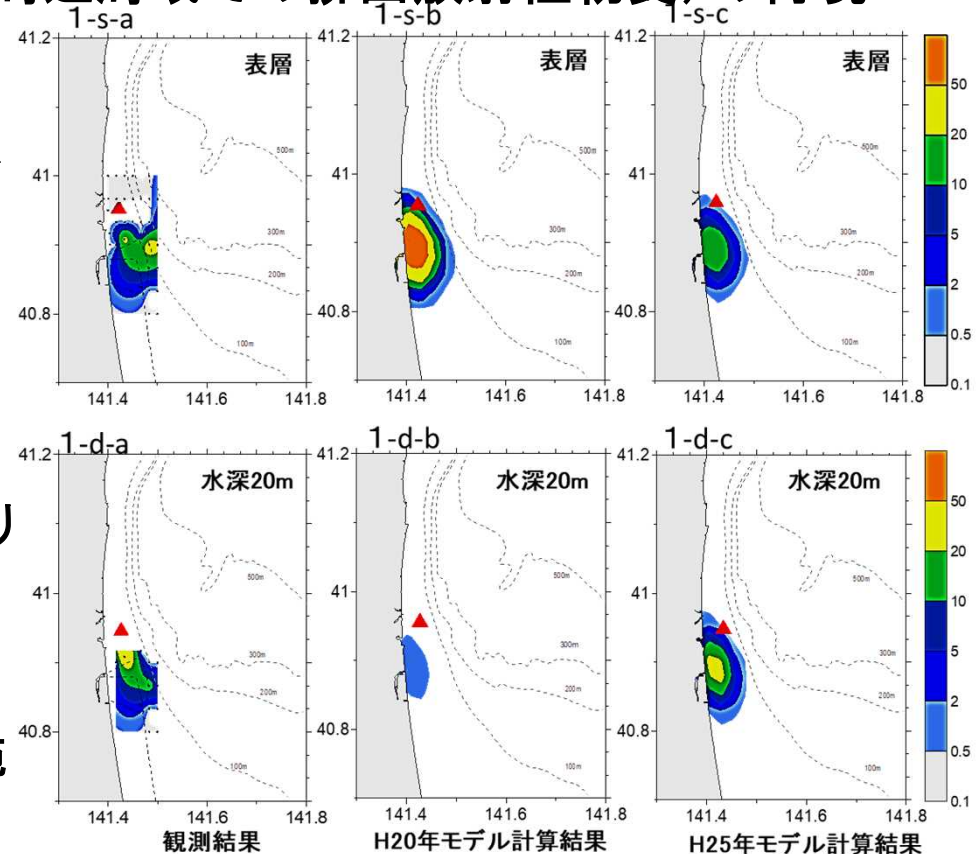
#### 核種移行モデル(施設周辺海域での排出放射性物質)の再現

固有モデルによる核種移行の再現結果を16ページの動画に一例を示した。示した再現結果を得た後、核種移行モデルの高度化として

- ・噴流効果の導入
- ・排出放射性物質の放出時期(アクティブ試験時)等の観測結果をもとにした調整

を行った。その結果、モデルの結果はより観測結果を反映できるようになった。

なお、アクティブ試験時以後、検証データが十分に得られていない。大型再処理施設竣工後、データを蓄積、評価する必要がある。



#### アクティブ試験時の観測、H20及びH25年時モデルから得られた放射性物質の分布

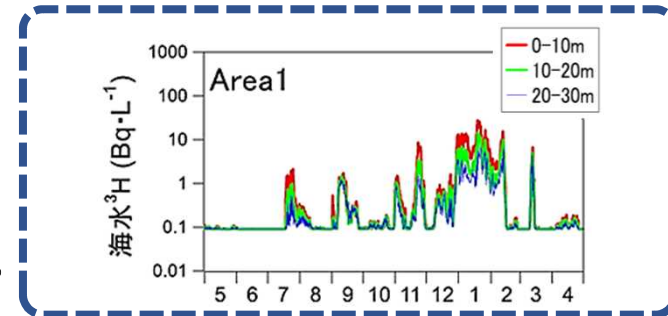
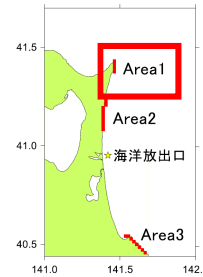
- 1-s-a: 観測結果(表層)、1-s-b: H20年整備モデルの結果(表層)、
- 1-s-c: H25年整備モデルの結果(表層)、1-d-a: 観測結果(水深20m)、
- 1-d-b: H20年整備モデルの結果(水深20m)、
- 1-d-c: H25年整備モデルの結果(水深20m)
- ▲: 排出放射性物質放出口

## 5)調査事業の成果

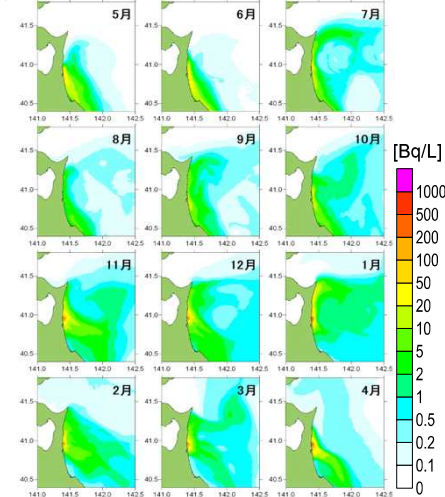
### 5-12)固有モデルの整備(目標②-b):

### 海洋生物の生活史を考慮した海洋生物中の放射性物質濃度推定

海産生物の生息場所、棲息場所の移動等を考慮したモデルを作成した。昆布中のトリチウム濃度が生息域(海域)のトリチウム濃度変化とともに変動することをモデルで示した。海産物摂取による実際に受ける被ばく量の推定につながる。



固有モデルを用いた放出時の海水中<sup>3</sup>H濃度変動推定(0 m深、1ヶ月平均)



放出状況(仮定)

期間: 2013年4月1日~2014年4月30日

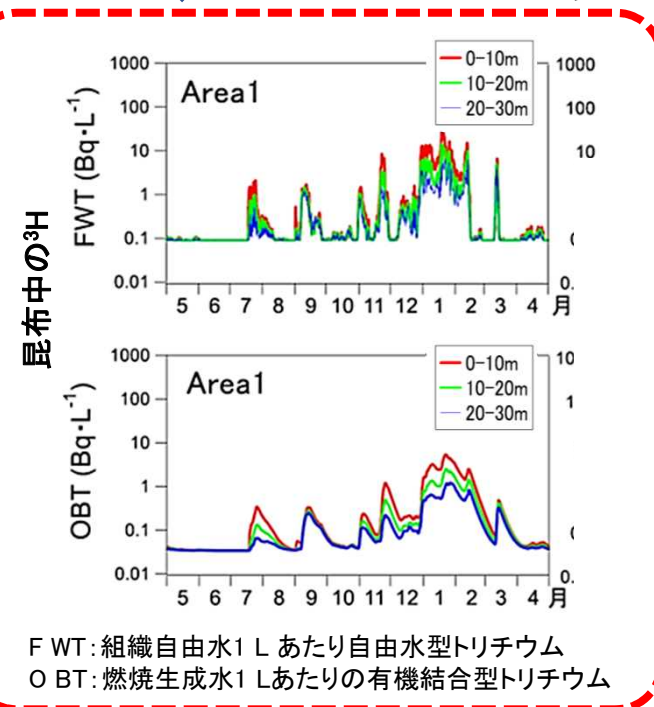
放出条件:

1年間の放出総量:  $1.8 \times 10^{16}$  Bq(管理目標値)

毎日11時~17時、600m<sup>3</sup>、 $4.9 \times 10^{13}$  Bq · d<sup>-1</sup>

対象海域の変動を抽出

取り込み、排出速度について文献値を用いて計算



FWT: 組織自由水1Lあたり自由水型トリチウム  
OBT: 燃烧生成水1Lあたりの有機結合型トリチウム

## 5)調査事業の成果

### 5-13)運用システムの整備概念(今期整備中)

計算機の性能と対象事象の兼ね合いから固有モデルを構成する多様なモデル及び条件選択を行うシステム



社会のニーズを考慮したシステムの構築

下に示す対象について左図の時・空間スケール、それに対応したモデルツール、パラメータを選択する

【想定される評価・解析の対象】

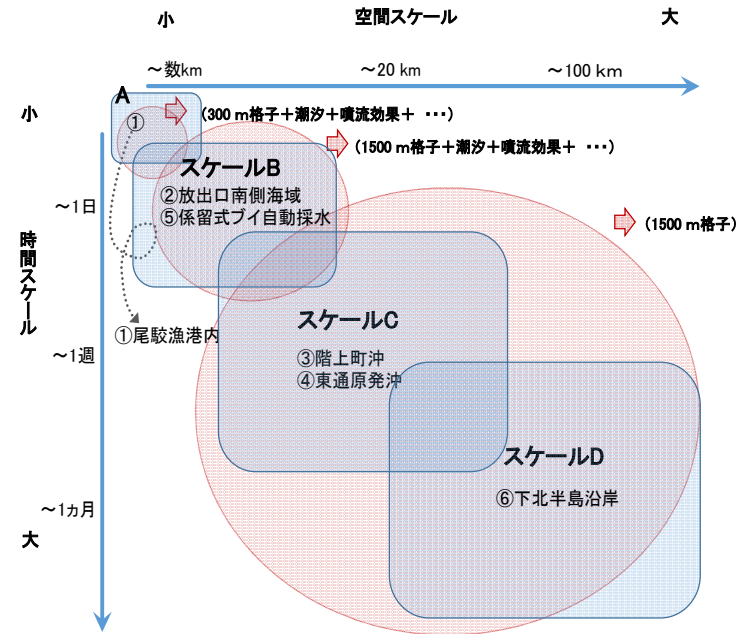
#### (1)モニタリング結果の解釈

- ① 海水中濃度モニタリング(青森県・原燃実施)結果の解釈
- ② 海生生物のモニタリング(青森県・原燃実施)結果の解釈

#### (2)安心の醸成に資する排出条件下での影響評価

- ① 拡散状況の確認(実放出量に対する濃度分布の推定)
- ② 線量評価(実放出に基づく現実的な被ばく線量の推定)
- ③ 堆積物への移行量評価(長期的な影響評価)
- ④ 想定した環境への施設寄与分※についての推定

※海水:<sup>3</sup>H濃度 300 Bq・L<sup>-1</sup>(年平均)、  
 魚類:<sup>3</sup>H濃度 300 Bq・kg<sup>-1</sup>(生の重さ、年平均)  
 (六ヶ所再処理工場の操業と線量評価について(青森県, 2006))



解析対象現象の時間・空間スケールの関係

	解像度	潮汐	噴流効果	水平拡散係数 (cm <sup>2</sup> ・s <sup>-1</sup> )	鉛直拡散係数 (cm <sup>2</sup> ・s <sup>-1</sup> )
スケールA 数km以下 数時間以下	300m	あり	あり	10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup>	10 <sup>1</sup>
スケールB 数km ~ 10 km 数時間 ~ 数日	1500m (300m)	あり or なし	あり	10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup> 潮汐なし 10 <sup>6</sup>	10 <sup>1</sup>
スケールC 10 km ~ 数十km 数日 ~ 2週間	1500m	あり or なし	あり or なし	10 <sup>3</sup> ~ 10 <sup>4</sup>	10 <sup>1</sup>
スケールD 数十km ~ 100 km 2週間 ~ 1か月	1500m	あり or なし	あり or なし	10 <sup>3</sup> ~ 10 <sup>4</sup>	10 <sup>0</sup> ~ 10 <sup>2</sup>
スケールB+C+D 数km ~ 100 km 数時間 ~ 1か月 計算 I Bで24時間 計算 II それ以降C,D	1500m	あり or なし	I あり II なし	I 10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup> II 10 <sup>3</sup> ~ 10 <sup>4</sup>	10 <sup>0</sup> ~ 10 <sup>2</sup>

ツール選択、パラメータ設定の一覧

### 5)これまでの研究開発成果のアウトカム

これまでのアウトカムへつながる事項を次に示す。

#### ●環境放射線モニタリング等での利用

- ・平成19年度第3四半期及び平成20年度第3四半期青森県環境放射線モニタリングにおいて検出下限値を超えた報告に対する解釈へ寄与

平成19年、20年に六ヶ所村前面海域から採取されたヒラメと東通原子力発電所周辺で採取された海水で検出下限値( $< 2 \text{ Bq/L}$ )を超える $^3\text{H}$ 濃度が検出された。東通原子力発電所からの排水は $2 \text{ Bq/L}$ 以下であり、また、北向き(再処理施設海洋放出口から東通原子力発電所に係る海水採取地点及び六ヶ所前面海域の魚類採取地点への方向)海流が卓越していたことからアクティブ試験の影響と推定された。その解釈に用いられた流向データには本事業で六ヶ所村沖合に係留しているブイから得られたものであった。

#### ●成果の住民に向けた発信

- ・一般向けのシンポジウム(むつ海洋・環境科学シンポジウム)の開催、発表

平成17年より毎年むつ市で共同開催、  
他の主催者(令和2年度、第16回)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構青森研究開発センター、国立研究開発法人海洋研究開発機構むつ研究所、公益財団法人日本海洋科学振興財団むつ海洋研究所、青森県下北地域県民局、むつ市

日本海洋科学振興財団の活動、研究成果について講演

- ・青森県主催排出放射性物質影響調査成果報告会での報告

主催:主催環境科学技術研究所、

平成25年から参加、R2年度で7回目(内3回は2か所)の参加、報告

毎年、海洋観測の結果や日本海洋科学振興財団の扱うシミュレーションについて講演している。

#### ●人材育成

- ・データ同化夏の学校の開催

平成7年から開催(本事業では平成8年から)、実施回数 24回、海洋データ同化に関する講義・演習を実施



## 5)これまでの研究開発成果のアウトカム

### ●社会への寄与(係留式ブイのデータ提供)

#### ・海上保安庁

海上保安業務への貢献。

海難事故時の対応等に利用されていると推測される。

長年にわたる海洋観測 データの提供協力により平成25年に第二管区海上保安本部長表彰、平成30年に海上保安庁長官表彰を受けている。

#### ・青森県産業技術センター水産総合研究所

水産情報としての利用されている。

#### ・洋上風力研究関係者(神戸大学等)

海岸から近い海域での洋上風力開発の検討に風況データの取得法の検討に利用。

小長谷ら、複数の風況シミュレーションを用いた近海域における洋上風況推定値の比較、第40回風力エネルギー利用シンポジウム(平成30年12月5日)に報告がある。

#### ・その他 2件



第二管区海上保安本部長表彰、海上保安庁長官表彰の感謝状と楯  
左が平成25年第二管区海上保安本部長表彰、青森県環境生活部原子力安全対策課とともに表彰されている。右が平成30年海上保安庁長官表彰の感謝状と楯の写真。



### 「海ナビ@あもり」のPC版の画面

係留式ブイから得られた水温・塩分及び海上風がリアルタイムで送られ、掲載されている。



### 5)これまでの研究開発成果のアウトカム

#### ●科学分野への寄与(本調査事業関係のみ)

学術論文 19件 プロシーディング 6件 紀要・報告 3件 口頭発表 47件  
他に謝辞に財団の記載が見られる論文 2件

#### Web of Science掲載雑誌についてのみ引用数を検索

T. Ito, O. Togawa, M. Ohnishi, Y. Isoda, T. Nakayama, S. Shima, H. Kuroda, M. Iwahashi, C. Sato, Variation of velocity and volume transport of the Tsugaru Warm Current in the winter of 1999–2000, *Geophys. Res. Lett.* 30(13), 2003, pp 11\_1 – 11\_4.

【引用数 8】

H. Kawamura, H. Kofuji, S. Gasa, M. Kamamoto, N. Sawafuji, M. Mori,  $^{14}\text{C}$  measurements of tree rings of a Japanese cedar during 1945 to 2000 and core sampling for environmental studies, *Radiocarbon*, 49, 2007, pp1045–1053.

【引用数 6】

Y. Ishikawa, T. Awaji, T. Toyoda, T. In, K. Nishina, T. Nakayama, S. Shima, S. Masuda, High-resolution synthetic monitoring by 4-dimensional variational data assimilation system in the northwestern North Pacific, *J. Marine Systems*, 78(2), 2009, pp237–248.

【引用数 22】

M. Inoue, H. Kofuji, Y. Hamajima, S. Nagao, K. Yoshida, M. Yamamoto,  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  activities in coastal seawater along Northern Sanriku and Tsugaru Strait, northeastern Japan, after Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *J. Environ. Radioact.* 111, 2012, pp116–119.

【引用数 45】

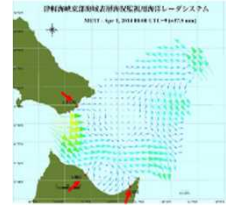
H. Kofuji, M. Inoue, Temporal variations in  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in seawater along the Shimokita Peninsula and northern Sanriku coast in northeastern Japan, one year after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, *J. Environ. Radioact.* 124, 2013, pp239–245.

【引用数 9】

#### ●ほかの事業への寄与

事業の制限から参画はないが海洋の放射性物質の移行に関する情報交換等が行われている。  
例えば、福島原子力事故関連論文(共著4件)に寄与している。

## 6) 今後の調査計画



- ・ **JAMSTECむつ研究所**  
東部津軽海峡を対象海域とした研究を実施
- ・ **青森県産業技術センター**  
**水産総合研究所**  
下北半島東側で水産・海象調査を実施

上記期間等の連携し、津軽暖水に関する情報交換を行う。得た知見をモデルに反映する。

### 1. 固有モデルの検証・評価・改良・高精度化

#### 【検証・評価・改良】

- ・ 大型再処理施設竣工後の観測結果を用いたモデルの総合的な検証
- ・ より実際の排出放射性物質の分布を表す様にモデルをチューニング

#### 【高精度化】

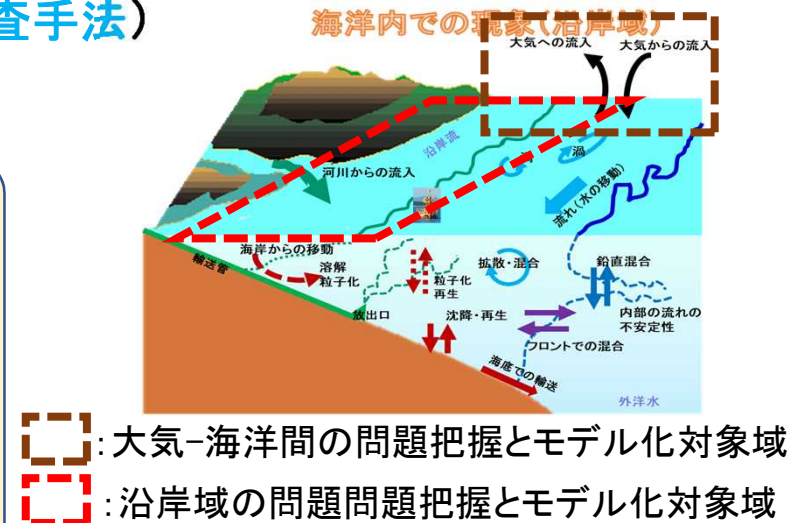
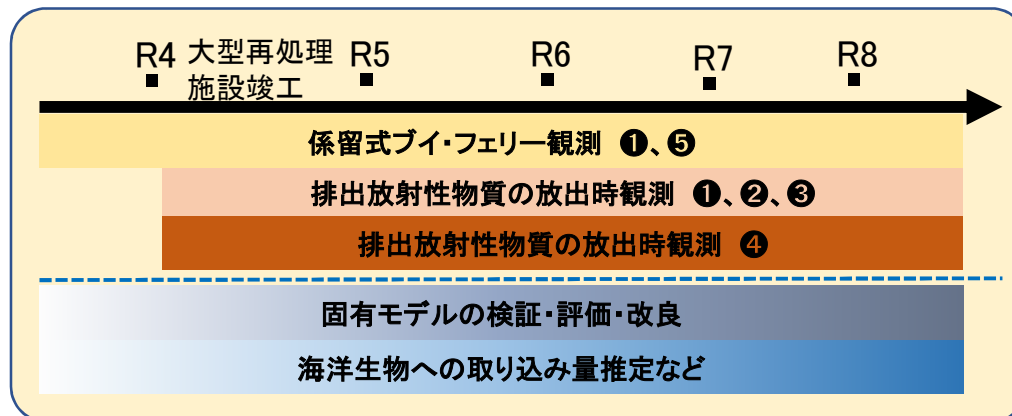
- ・ 沿岸域の物理過程の把握とモデルへの反映
- ・ 津軽暖水に関する研究の反映
- ・ 大気・陸域モデルとの結合

#### 【関連事項】

- ・ モデルで得られる結果の信頼性の推定法の確立(フェリー観測データの利用)
- ・ 海洋生物への放射性物質の取り込み量の推定の多様化(食物連鎖モデルの考慮など)

### 2. 固有モデルの検証・評価等に必要な調査(👉 調査手法)

- ・ 放出された排出放射性物質の分布調査
- ・ 六ヶ所村沖合の海象等に関する調査



## 6)今後の調査計画

### 調査手法: 固有モデルの検証・評価等に必要な調査

- ・海象データに関するデータの取得
- ・排出放射性物質が放出された時期における排出放射性物質分布観測



**①**係留ブイ等による近傍調査  
 係留ブイにおける試料採取  
 放出口付近の海況データ取得  
 南北流が卓越するため2係留ブイが必要

**②**排出放射性物質の拡散状況の把握  
 各放出に対しての追跡調査

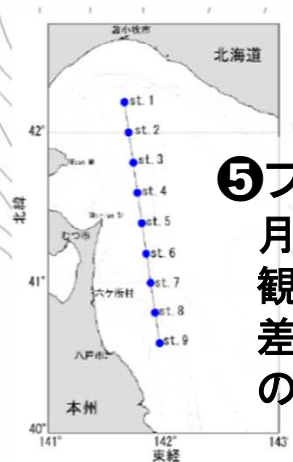
**③**排出放射性物質の拡散状況の把握  
 放出口から離れた位置(～20km程度)  
 の観測線における定期採水

**④**広域排出放射性物質の分布調査  
 (長期期間維持 年4回)

他機関で行われたデータの利用



他の調査と連携が可能な場合の例

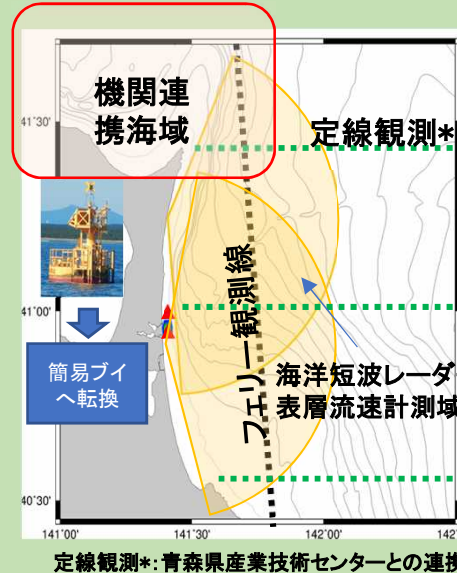


**⑤**フェリーを用いた観測  
 月に1度  
 観測値とモデル結果の誤差から放射性物質の分布の誤差推定に利用

## 6) 今後の調査計画

3. 長期影響評価法へ向けての調査、検討  
 継続的に放射性物質が排出に伴い長期的な影響について現実的な評価  
 排出放射性物質の放出に伴う微量の海水に溶存形を持たない放射性核種の長期的な挙動の解析を通して環境への影響を評価法を検討する
4. 排出放射性物質の環境影響評価システムの構築  
 固有モデル中核とする運用システムを発展させ、種々のニーズに対応した排出放射性物質の環境影響評価システムとして整備する。県民が理解しやすい発信方法についても検討する。

### 【参考】六ヶ所沖合海洋調査の将来像



検証・調整が済んだ固有モデル(海水循環モデル、核種移行モデル)と図中の観測網から時々刻々得られる海象データを用いて排出放射性物質の域内分布変動をモニター、情報発信して住民の安心・安全を醸成する。また、得られたデータを地域産業へ活かすことも可能。

海洋短波レーダーの技術革新研究で津波予測が可能となっており、防災としての役割を持たせることも可能。

### JAMSTECむつ研究所 研究対象領域



海洋短波レーダーを有効に活用した研究を展開している。



## 7)今後の研究開発成果の普及活動の計画・期待されるアウトカム

### 研究開発成果の普及活動の計画

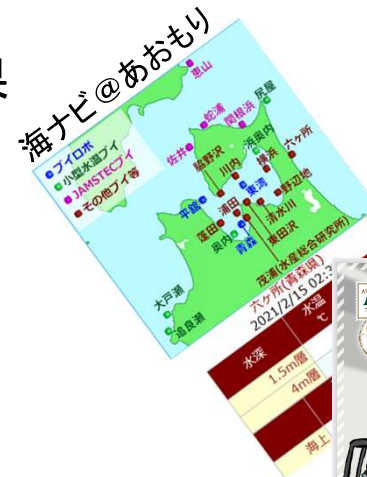
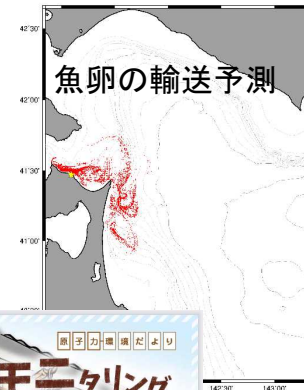
- ・放射性物質の分布変動推定結果の県事業への提供  
例えば県の広報誌「モニタリングつうしん」等に利用なデータの提供など
- ・放射性物質モニタリング結果説明に必要な情報の提供
- ・県の防災計画等県の施策に必要な情報の提供
- ・調査事業で得られた海象データの公表  
青森県産業技術センター水産総合研究所海ナビ@あおもり  
日本海洋科学振興財団のホームページ
- ・海水循環モデルの結果を利用した海流予測結果  
の他業種への利用

### 期待されるアウトカム

- ・地域の海に関わる知識の向上
  - ・放射性物質の分布変動・状況の理解
  - ・県のモニタリング結果の解釈情報の提供
  - ・防災計画等への成果情報提供
- 以上の結果として
- ・排出放射性物質の放出に関する安全・安心の醸成を図る



2019-05-20 00:00



など



## 7)他機関との連携状況

調査開始時には原子力研究開発機構と連携して、海洋調査等を実施したこともあるが、現在の他機関との連携は殆どが研究及び地域環境に関わる情報の交換のみとなっている。  
 なお、むつ市で行われる情報発信は原子力研究開発機構、JAMSTECむつ研究所、日本分析センター、海洋科学振興財団、むつ市、青森県県民局の連携で開催されている。  
 次期中期計画期間には津軽海峡を対象とした沿岸研究を進めているJAMSTECむつ研究所及び観測及びデータの交換等の目的で青森県産業技術センター水産総合研究所との連携を進めることを計画している。

