



むつ研究所全景

1. むつ研究所とは



むつ研究所は下北半島の北部、青森県むつ市の津軽海峡に面した関根浜港にあります。むつ研究所は1969年に進水した原子力船「むつ」の船体を利用して建造された海洋地球研究船「みらい」の母港、観測研究支援の拠点として1995年10月に開設した「むつ事業所」を前身とし、2000年10月に地球環境を読み解き、物質循環変動の研究を行う研究所として誕生しました。

むつ研究所の役割は主に二つあります。

一つ目の役割は、北太平洋を中心に海洋における物質循環の解明などを目的とした研究活動を行うことです。現在では、「北太平洋時系列観測研究」を主たるテーマとした研究活動と「海洋二酸化炭素センサー」等の自動計測機器の開発などを合わせて行っています。

二つ目の役割は、元来の設立目的である海洋地球研究船「みらい」の母港としての役割で、「みらい」の入出港に係る支

援を行っています。また、「みらい」で使用するトライトンブイやアルゴフロートなどの観測機器の保守・試験、「みらい」での試料分析を補完し、事前・事後の作業を兼ねて各種分析機器の運用を行っています。

また、地元小・中学校への出前授業や沿岸観察会、施設一般公開などを開催し、海洋科学の普及活動や地域に根差したアウトリーチ活動にも取り組んでいます。

2. むつ研究所で行われている研究

(1) 北太平洋時系列観測研究

地球温暖化などの気候変化を解明・予測するためには、地球上での炭素循環を理解することが必要です。海洋における炭素循環には、大気海洋間の二酸化炭素輸送、植物プランクトンによる炭素固定（光合成）、固定された炭素（有機物）の表層から深層への輸送と分解、さらに海水に溶け込んだ成分に関しては海水の循環過程が関わっていますが、これらの過程は未だ十分に理解されておらず、その定量化が進んでいません。

そこでむつ研究所では、海洋における炭素循環の解明などを目的として、北西太平洋に時系列観測点を設け、物質輸送とその変動に関わる観測研究（北太平洋時系列観測研究）を行っています。北西太平洋は大気と海洋との間で最も活発に二酸化炭素の交換が行われている海域の一つであり、更にこの海域は深層循環の終着点でもあります。そのため、この海域で観測を継続的に行うことは地球環境の変動を捉えるために非常に有効であると言えます。この研究では、海水中に溶存する全炭酸量（酸を加えて出てくる二酸化炭素の総量に相当）の経年変化・変動を明らかにするための海洋観測に加え、時系列観測点に沈降する粒子を捕捉するセジメントトラップ、動・植物プランクトン採取装置、自動海水試料採取装置、水温・塩分・流向流速計など

の観測機器を係留し、物質の鉛直輸送に関わる情報を収集しています。

これらの研究の成果の一つとして、北西太平洋は二酸化炭素の放出域ですが、近年では大気と海洋の二酸化炭素の分圧差が徐々に縮まる傾向にあり、二酸化炭素の移動量が減少し、海洋の酸性化が進むなど、海洋環境が徐々に変化してきていることが分かってきました。



海洋の二酸化炭素濃度の変化と海洋酸性化

(2) 海洋二酸化炭素センサー開発と観測基盤構築

現在、人類が取り組むべき喫緊の課題の一つに地球温暖化問題があり、この問題を理解するためには海洋における物質循環を明らかにする必要があります。特に、大気・海洋間の二酸化炭素吸収/放出量の分布を全球規模でより正確に把握することは、気候変化の予測をする上で不可欠です。

これを行うため、世界に先駆けて「C to Sea (シー・トゥ・シー)」と名付けられた「二酸化炭素分圧自動計測装置」を開発しました。この装置は世界の海洋を漂流しながらいろいろな場所の海洋表面の二酸化炭素分圧を自動的に測定し、衛星を通じてそのデータを送る現場型の計測器です。これまで、太平洋、大西洋、南極海で装置の実証実験を行い、その有効性が確認されました。平成 23 年度からはこの装置を使った研究が始まりました。むつ研究所では観測頻度の少ない海域にこの C to Sea を投入し、観測頻度の少ない(データの少ない)海域を減らし、全球規模の観測システムの構築を目指しています。

今後は全球規模で海洋表面の二酸化炭素分圧分布を得て、得られたデータを逐次むつ研究所のホームページから公表することを検討しています。



C to Sea の外観(左)とその内部の様子(右)

(3) 沿岸観測研究

北太平洋時系列研究によって外洋域で生じている環境変化は徐々に明らかになってきています。むつ研究所はこれに併せ、地球温暖化や海洋酸性化の影響が顕著に表れる沿岸域の環境変動研究を推進しています。

むつ研究所が面している津軽海峡の海流は黒潮の支流である対馬暖流のさらに下流に相当する津軽暖流が占めていますが、オホーツク海を起源とする沿岸親潮などの影響も受けるため、環境変化により海流の勢力や海水の性質が変化することが考えられます。

むつ研究所では次の観測を通して沿岸域の海洋環境を把握し、それに伴い周辺の生態系がどのように応答しているかを調べようとしています。

- ①下北沿岸・青森県沿岸域の海水温モニタリング
- ②津軽海峡海洋観測
- ③下北沿岸の海藻・海草観察を中心とした生態系モニタリング

現時点においては、具体的な環境変化を捉えるには至っていませんが、下北周辺の海洋環境が、隣接する外洋域の環境変化とどのような関係があるのかなど、北太平洋時系列研究と連携し、調査・研究を進めていく予定です。



津軽海峡の海洋観測を北海道大学の練習船うしお丸(写真)の観測航海に参加して行っています。地図の赤い点が観測点です。



3. むつ研究所の研究者・技術者に聞きました

むつ研究所に勤務する研究者・技術者に環境の事について聞きました。



渡邊所長(左)、
佐々木技術研究主任(中央)、
山本技術副主任(右)

1. どのような研究や仕事をしていますか？

— 渡邊所長 —

私の主要な研究テーマは海洋におけるCO₂の動向などを見ることです。それに加えて、時系列観測で用いることが可能な自動計測器をつくることも行ってきました。なお、観測の対象となる領域をこれまで行ってきた北太平洋外洋域の時系列観測研究をむつ研究所の立地を生かした沿岸研究テーマに変えていこうとしています。

— 佐々木技術研究主任 —

私の研究は海洋の物質循環を観測を通して解き明かす研究です。循環のトレーサーとしてフロンを観測しています。フロンは人間が作り出したガスで1930年代以前は世の中には存在しなかった物質です。それを人間が使い出し大気中にフロンが放出された訳ですが、そのフロンが海水に溶け込んでいきます。海洋循環に伴ってフロンは移流するので、そのフロンを追跡しています。

フロンによる海洋循環・物質循環の追跡は1980年代から行われるようになりましたが、これに携わる研究者は現在でも少ないです。

— 山本技術副主任 —

私は海洋地球研究船「みらい」などが採ってきたサンプルを陸上で分析するために使用する化学分析機器類の保守と、それらを使った実際の分析を行っています。扱っている分析機器や分析の内容についてはいろいろありますが、質量分析計で炭素や酸素の同位体を調べたり、微量金属の分析、栄養塩の分析を行うなどいろいろな分野の分析を扱っています。

2. 地球環境の現状とはどのような感じでしょうか？

(渡邊) 新しいIPCC(気候変動に関する政府間パネル: Intergovernmental Panel on Climate Change)の報告書がそろそろ出てくる頃だと思いますが、その報告を待つことなく、地球全体として暖かくなっていることは事実ですし、その環境の変化の原因が人間の活動に由来していることもほぼ事実でしょう。CO₂の増え方と人口

の増加とはほぼ相関関係があります。また、産業革命を発端とするような技術革新の度合いともほぼ相関関係がとれます。

むつ研究所としてはその実態を把握することが研究テーマの1つです。北太平洋で時系列観測を行うことはまさにその実態の把握を行うことになります。例えば時系列観測によってCO₂が増えることで生態系にどのような影響が出るのかなどを捉えることができます。環境が変化する要因としてはCO₂による酸性化なのか、温暖化による温度上昇なのかいろいろと因果関係を考えなければなりません、いずれにせよ実態を正確にとらえることが必要であると思っています。

— 温暖化に懐疑的な見方がありますけど、それはどのように考えれば良いですか？ —

(渡邊) CO₂が温暖化の原因物質だということについての懐疑論はいろいろあります。確かにCO₂だけであるとは言えないのですが、大気中のCO₂の増加と温暖化については非常に高い相関がありますし、CO₂と温暖化に関していろいろな証拠が集まってきていますので温暖化の主な要因がCO₂であることはまず間違いないでしょう。懐疑論というのは、CO₂だけではなく他の要因でも温暖化を説明できないかという立場から議論することでもあるので、研究者の視点としてはそのような考え方を無視してはいけないと思っています。しかし、今のところ懐疑的な議論の中で温暖化をきちっと説明できるものはないと私は思っています。

— 温暖化も進んでいるし寒冷化も進んでいると言われていますが、実際はどうなのでしょう？ —

(渡邊) 例えば、今、太陽の活動が落ちているという話があり、その影響で地球が寒冷化すると言われていますが、実際には太陽活動の低下による寒冷化の効果を除いた時に地球の温度がどうなっているかということを議論しないといけないと思います。

元々は地球全体のトレンドは寒冷化していると言われてきました。しかし、人間活動が活発になり、産業革命の時代から温度が上昇してきていますし、現在になるにしたがって加速的に温度上昇してきていますから温暖化はまず間違いないでしょう。

むつ研究所としては温暖化や気候変動と海洋がどう関わっているか、特に、ここにいちばん近い海岸である前浜、津軽海峡、北西太平洋を標的に海洋の環境が気候変動とどう関わっているのかを捉えることを目標として活動しています。

—北西太平洋を観測することの意義はどのようなものでしょうか?—

(渡邊) 環境変化を捉えるために海洋のどこで定点観測を行うのが一番効率良いかという議論を15年位前に研究者の間で行いました。その議論の中で、北太平洋には亜寒帯部分の東側と西側にそれぞれ海洋の循環に伴う渦が一つずつあるので、そこに一点ずつ、北太平洋の南側に一点ないし二点が必要とされました。南側についてはハワイがこれまで観測していますし、アラスカの方に近い渦についてはカナダが30年以上前からずっと観測を行っています。日本に求められたのは西側の亜寒帯渦の中の定点観測でした。その観測点を現在は、JAMSTECが担当しています。

3. これまで観測をしてきて昔と変わってきた点、気づかれた点は何かありますか?

(渡邊) 目に見えた変化はないのですが、科学データを詳しく解析してみると海水中のCO₂が増えていることやpHが低下してきているという結果がでてきました。今では海洋の酸性化の影響に関する議論も進み、海洋の酸性化が生態系に与える影響などの研究も行われています。

JAMSTECが担当している海域ではハワイやバミュダと比べてpH変化率は小さいですがpHが下がっていることも分かっています。

(山本) 解析の結果出てきた同位体のデータなどを見て研究者と議論などをしていると、数千年のオーダーではあるけれども数字上は確かに変化がありますし、地球環境は変化してきたんだということが分かります。ただあくまでこれは何千年、何万年前の古環境と比べての話ですが。

(渡邊) 古環境を研究するチームと違い、我々のグループは例えて言うなら時間が進む中で一枚一枚の写真を撮り、その中に変化があるかどうかというのを発見していく研究です。海洋の場合、1年とか非常に短い期間に行われた複数の観測からは「変化」というものは見つけにくいと思っています。

—温暖化の原因はCO₂であるということで間違いないのでしょうか?—

(渡邊) IPCCの中でも温暖化の原因がCO₂だと言っている訳でもなくて、他の温室効果の高い物質についてもどう関係しているのかを調べています。フロンや亜酸化窒素などのCO₂より温室効果が高い物質についても議論がされていますが、まだ全容が分かっている訳ではないと思います。

(佐々木) 現場で観測をしている人は観測という事実からどう変化しているかを一つ一つ積み重ねていくのが仕事です。現実的に環境が変化していることは確実なので、研

究する者の視点としてはCO₂だけにとらわれる必要はないと思います。

(渡邊) CO₂の増加傾向と温暖化の傾向がよく似ていると言っているので、それだけで100%説明できるとは誰も言っている訳ではないと思います。

—海洋の循環を研究されていて何か変化を感じますか?—

(佐々木) 海洋の循環を調べているので直接温暖化の研究とは関係はありませんが、温暖化の影響で海の内部の循環が変化すればもちろん調べます。海の内部の循環がよく分かっていない部分がありますので流れのスピードとか方向とかその様相を明らかにしていくことが当面の目標です。10年、20年の時間で観測した時の変化ということは分かりますが、温暖化の影響による変化を捉えるまでにはいっていません。

海洋循環についても大まかな流れの様相については分かっていますが、細かいところまでは分かかっていないので、研究を進めることでその流れの様相が分かるようになるのではないかと考えています。



4. これからの地球の環境の変化として考えられることは?

(渡邊) いろいろな環境の変化が見られていますが、この変化をどこまで我々が受容できるのかということもあるため、なかなか明確にこのようなことが起きているとは発信出来ないところでは。

我々が行っている観測はまだ短期間のデータしかとれていません。それらを用いて将来を読み解き、予測することはなかなか困難です。地球シミュレータを使用して種々のケースに分けて予測や可視化することは非常に重要で有益です。しかし、シミュレーション結果を評価するための基本的なデータについては、観測をしている我々が地道に採っていかなければより正確な予測には結びつかないでしょう。

(佐々木) 大西洋の深層水のできているところでは観測は多く行われていて、沈み込む量が少なくなっていることが分かっていますが、一方で太平洋の方は多くても過去に3回くらいしか測っておらず、3回くらいの観測で今後の予測は難しいところでは。ですから現状としては10年前と今でこう違いますという事くらいしかまだ言えません。

5. 分析装置や分析技術の開発についてはどうしていますか？

(渡邊) 分析装置自体は市販の装置を使用しますが、試料の濃縮・前処理を行う装置については市販の物は使えないこともあります。その場合は手作りをします。半導体の分野などでは不純物として極微量の物質を検出する分析技術がありますので、それを応用したりもしています。我々が対象としている海に由来する試料は、組成の分かっている半導体とは異なり、対象成分の変動が大きな試料もありますので、それらについては感度・精度とも良くする工夫を長年かけて実施しています。もう一点、海の場合は船を用いるため高頻度で現場に行けるわけではありませんので自動計測などの技術開発を検討しなければなりません。特に時系列観測は長い期間観測を継続する必要がありますので自動計測技術の開発検討も行っています。

6. むつ研究所と地域との連携について教えてください。

(渡邊) むつ研究所は青森県むつ市という都市部から離れた地域にあります。横須賀本部はグローバルな視点で物事を考えることが必要かと思いますが、むつ研究所ではグローバルなことだけでなく直接その地域や市民に関わるものがあるかどうかという事も大事になってきます。

地域に密着した活動を行うためにむつ研究所は青森県産業技術センターと連携協定を結び、仕事をしています。また、近隣の漁協や漁師さんと情報交換をして協力を仰ぎながらどのようなデータを出すことが近隣の人々に役に立つのか、我々が地域に還元できることは何かなどいろいろ模索しています。東北マリンサイエンス拠点形成事業の一角を担うこともその一つです。なお、津軽海峡の観測については北海道大学との連携により観測を行っています。このような活動は、なかなか学問にはなりにくい分野ではありますが、観測を通じて分かったことについては毎年シンポジウムを開催して市民の方に紹介をしています。

今後津軽海峡の表層の流れの様子が準リアルタイムで把握できるようになれば、漁業者にも有益な情報発信が可能となります。その様な発信を通して地域との連携が取れていければと思います。海洋研究開発機構の研究成果、技術の成果が地域という場でも活かせるということを証明していきたいと思っています。

7. 今後のむつ研究所の理想像、方向性についてどう考えていますか？

(渡邊) むつ研究所の役割としては研究と研究の支援という二つの面があります。「みらい」の運航に関する支援はむつ研究所の活動の最も重要な部分です。施設・分析機器の利用に関しても未だむつ研究所の中だけで閉じ

ているものも多いのですが、主な分析機器についてはJAMSTECの内部にオープンにしております。多くの機構職員にむつ研究所の施設や設備を使ってほしいと思います。むつ研究所には皆が利用しやすい標準となるような装置を揃えてありますので、それをいろいろな人が利用して、きちんとしたデータを出してもらったらよいと考えています。

研究部門については2000年位から今の地球環境変動領域と連携しながら北太平洋の環境変化に関わる十数年のデータを蓄積しています。それを有効に使い、外洋と沿岸を合わせた研究を行うことにより、日本の沿岸域に住んでおられる人々に役に立つことが出来ればと考えています。

(山本) 今後、新しい装置の導入が予定されていて、感度的にも向上しますし各種オプションも付いていますので、これまでよりも出来ることが増えてくるかと思っています。いろいろな研究者にむつ研究所に来ていただき、研究者の実施する分析の役に立てればと思っています。研究者といろいろ議論をしながら装置の改善に結びつけていきたいと思っています。

(佐々木) JAMSTEC以外の研究者にも来ていただいて、活発な仕事ができる場所になればいいなと思います。

(渡邊) むつ研究所は遠隔地にありますので、研究者にサンプルを送っていただき、全てデータが出るようになればと考えています。

8. むつ研究所のエコ活動について教えてください。



消灯の状況

(渡邊) エコ活動は随分進んでいます。電力使用量の削減への取組み、人感センサーによる照明の自動点灯、日よけの簾の設置、寒冷地であるむつ独特の対策としてドアの二重化、結露防止フィルムの貼り付け、開き戸を引き戸に変えるなどによりエコ活動、省エネ化活動を行っています。各個人による暖房、冷房を出来るだけ効率よく使うという努力もされています。

(吉川管理課長) 震災の後、電力削減の指示がありましたが、むつ研究所は研究設備を計画的に利用することでも対処し、実験の日程調整などいろいろな対策をしてきました。

職員の意識も高く、環境意識の共有化は進んでいると思います。例えば、消灯については職員が消灯を励行した結果、夕方以降のうす暗い中でも照明をつけずに通路

を歩いてしまうという事が起きてしまい、エコとは違った意味ですが安全を確保するという意味も込めて自動点滅設備を導入しました。

(渡邊) エコを推進するためにはエコな設備を使うことが必要かと思いますが、今後、導入される設備についてはかなり省電力化されてパフォーマンスとしては良くなると思います。

むつ研究所は考えられるエコの対策はほぼ実施したと思います。小さな事業所ですから本部よりも動きやすいということもありますが、むつ研究所で行ったエコ対策をテストケースとして考えていただき、形を変えて別の部署にも展開すれば良いと思います。

4. むつ研究所の施設・設備

(1) むつ研究交流棟

正門を入ってすぐのところにむつ研究交流棟があります。

この建屋には会議室、セミナー室、食堂、管理部門の事務室があります。



むつ研究交流棟

(2) 試料分析棟

試料分析棟には化学実験室や各種分析機器が設置され、「みらい」の観測航海等で採取された海水、海底堆積物、生物試料等の保管、前処理、分析、および観測データの処理、解析を行っています。



試料分析棟



海水前処理装置。放射性炭素同位体(^{14}C)年代測定法に用いる試料を作成するときに使用します。



ガンマ線スペクトロメーター。福島第一原子力発電所から環境中に放出された放射性物質の海洋環境中における動向についても追跡も行った実績があります。



海水中の極微量のフロンガスを濃縮・測定するガスクロマトグラフ



エントランスに掲げられた展示物の説明をする渡邊所長

(3) 観測機材整備場

観測機材整備場は、トライトンブイやアルゴフロートをはじめとする海洋観測機器等の保守・整備を行う整備場と各種海洋観測機器の較正や電子機器の整備を行う検定棟で構成されています。



観測機材整備場と海洋地球研究船「みらい」



観測機材整備場に格納されているトライトンブイ



トライトンブイに使用されるセンサー（水温・塩分・水圧など）を整備するスタッフ

整備を終えたアルゴフロート



西太平洋に15基、インド洋に3基あるトライトンブイで観測されたデータや係留状況は、衛星回線を通じてむつ研究所に送られてきます



明り取り窓部に取り付けられた日よけ

(2) 結露防止フィルムの貼付

冷暖房の効率を高めるために、特大ガラス、玄関等の厚手の一枚ガラスの使用箇所に結露防止フィルムを貼付しています。



結露防止フィルムの貼付

(4) 海洋地球研究船「みらい」

海洋地球研究船「みらい」の前身は日本初の原子力船「むつ」です。1995年に原子炉を撤去され、翌年に「みらい」として生まれ変わりました。優れた耐氷性、航行性を有し、広域かつ長期にわたる観測研究が可能な特徴を生かして、北極海や太平洋、南大洋、さらにインド洋など世界中の海での海洋調査を実施するために運航されています。



関根浜港に停泊中の「みらい」

(3) 薬品と鍵の集中管理

むつ研究所では薬品の安全管理や実験室への入室を管理するため薬品・鍵管理システムを導入しています。このシステムを導入したことにより、試薬の在庫量や使用者、使用量などが明確になり、さらに実験室の入室状況なども管理することで、盗難や部外者の侵入の防止などに効果を上げています。



薬品・鍵管理システム

5. 環境保全・配慮の取組み

(1) 日よけの設置

むつ研究交流棟正面階段吹き抜けの明り取り窓外部に日よけを取り付け、夏季の直射日光を和らげる工夫を行いました。これにより、夏季の室内温度（階段、ロビー、廊下）を下げる事ができました。

日よけの設置にあたっては強風時の安全性や夏季以外の採光性などを考慮して、取り外しが容易な設計としました。



薬品類は薬品庫で一括管理されている

(4) 高圧ガスボンベの集中管理

むつ研究所では実験で使用する高圧ガスのボンベをボンベ庫で集中管理しています。これによりボンベの在庫を一括管理できるほか、安全で効率的にボンベ類を取扱うことができます。



屋外に設置されたボンベ庫

6. イベント紹介

むつ研究所では各種イベントを開催していますのでお気軽にご参加ください。詳細は次の URL でご案内しています。

<http://www.jamstec.go.jp/j/pr/index.html>

(1) 一般公開

むつ研究所では毎年夏頃、施設一般公開や海洋地球研究船「みらい」の船内公開を実施し、研究者による実験教室や津軽海峡の魚に直接触れる「タッチングプール」、スタンブラリーなど楽しいイベントを多数開催しています。



施設一般公開と船内公開の様子

(2) 沿岸観察会

沿岸観測研究の一つとしてむつ研究所では北海道大学、青森県、むつ市の協力を受けて大畑町ちぢり浜で海藻・海草を中心とした生態系モニタリングを実施しています。この生態系モニタリングの一環として、毎年夏頃に市民の方にも参加いただき沿岸観察会を開催しています。

参加された方からは、同じ沿岸地域でも全く違う事にビックリした、大人も興味深く観察できて非常に良かったなどのご意見を頂いております。



磯での観察



押し葉標本作り

*** むつ研究所沿革 ***

- 1995年 むつ事務所開設
- 1996年 観測機材整備場完成
- 1997年 「みらい」竣工
- 1998年 試料分析棟完成
- 1999年 むつ研究交流棟完成
- 2000年 むつ研究所発足
- 2005年 第1回むつ海洋・環境科学シンポジウム開催
- 2007年 「みらい」就航10周年記念シンポジウム開催
- 2010年 むつ研究所10周年

*** アクセス ***

独立行政法人海洋研究開発機構むつ研究所
住所：〒035-0022

青森県むつ市大字関根字北関根 690

電話：0175-25-3811 (代)

鉄道をご利用の場合

JR大湊線「下北駅」より 国道279号線大間方面へ車で約30分

詳しくはこちらをご覧ください。

<http://www.jamstec.go.jp/j/about/access/mutsu.html>