

委託プロジェクト研究課題評価個票（中間評価）

研究課題名	農林水産分野における気候変動対応のための研究開発のうち、森林・林業、水産業分野における気候変動適応技術の開発			担当開発官等名	研究開発官(基礎・基盤、環境)
				連携する行政部局	林野庁森林整備部 研究指導課（研究班） 計画課（企画班） 治山課（施設計画班） 森林利用課（森林吸収源企画班） 整備課（造林資材班） 水産庁増殖推進部漁場資源課 水産庁増殖推進部栽培養殖課 水産庁増殖推進部研究指導課
研究期間	H28～H32（5年間）			総事業費（億円）	8.7億円（見込）
研究開発の段階	基礎	応用	開発	関連する研究基本計画の重点目標	重点目標 15、30、31、32
					
研究課題の概要					
<p>IPCC（気候変動に関する政府間パネル）（※1）第5次評価報告書（平成26年11月公表）においては、気候システムの温暖化は疑う余地はないとされており、地球温暖化は世界中の自然と社会に深刻な影響を与え、我が国農林水産物の生産にも重大な影響を及ぼすことが懸念されている。さらにIPCCによれば、最も厳しい温室効果ガスの削減努力を行ったとしても、起こるであろう気候変動に対処するためには、短期的対応だけでなく、中長期的な適応が必要とされている。このため、農林水産省では、平成27年8月に「農林水産省気候変動適応計画」を策定し、さらに11月には政府全体の「気候変動の影響への適応計画」が策定された。</p> <p>これらの計画による取組を推進し、将来の気候変動が我が国の農林水産業に及ぼす悪影響を最小限に留めるため、森林・林業、水産業分野において、下記の課題を実施するものである。</p> <p><課題①：山地災害リスクを低減する技術の開発（平成28～32年度）> 豪雨の増大等、将来の気候変動に伴う山地災害の激甚化に対応しながら持続的な木材生産を行うために、森林の土砂崩壊・流出防止機能の経年変化を的確に予測する技術を開発するとともに、脆弱性が特に高い地域において森林の防災機能を効率的に発揮させるための森林管理技術（配置、面積、樹種転換など）を開発する。</p> <p><課題②：人工林に係る気候変動の影響評価（平成28～32年度）> 気候変動シナリオ（※2）と樹木の成長プロセス（※3）を組み込んだ人工林の影響評価モデル（※4）を開発した上で、気候変動が人工林の生育に与える影響の予測図を高解像度（1kmメッシュ）の全国地図として作成する。その予測図を元に、2050年と2100年における造林適地マップを作成する。</p> <p><課題③：気候変動に適応した花粉発生源対策スギの作出技術開発（平成28～32年度）> 高温や乾燥に強く、成長に優れた花粉発生源対策スギ品種（※5）を開発するための育種素材を作出する。</p> <p><課題④：有害赤潮プランクトンの迅速診断技術の開発（平成28～32年度）> 近年の気候変動・温暖化により、植物プランクトンの挙動変化及び熱帯・亜熱帯性赤潮（※6）発生による水産動物のへい死リスクの増大が予測されていることから、有害プランクトン発生の予測とクロマグロ等の新たな魚種に適した養殖海域の選択を可能とする技術を開発する。</p>					
1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標					
中間時（2年度目末）の目標			最終の到達目標		
<p><課題①> ・森林の力学的／水文学的防災効果（※7、※8）の評価技術を開発するためスギの土砂流出防止特性を解明するとともに、森林の土壌水分量モデ</p>			<p><課題①> ・平成32年度までに、森林の土砂崩壊・流出防止機能の経年的な変化を5年間隔で予測するモデルを開発するとともに、災害リスクを低減するための森</p>		

<p>ルを構築する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地理情報による危険地の抽出技術を開発する。 	<p>林管理技術（配置、面積、樹種転換など）を開発する。</p>
<p><課題②></p> <ul style="list-style-type: none"> ・人工林影響評価モデルにおいて重要な要因を解明し、森林成長のベースモデルにより九州地域で試行的に適地マップを作成する。 	<p><課題②></p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成32年度までに、2050年と2100年における全国造林適地マップ（1kmメッシュ）を作成する。
<p><課題③></p> <ul style="list-style-type: none"> ・スギ系統の乾燥ストレスへの耐性を評価する技術を開発するとともに、環境ストレス応答に関するマーカー開発のための遺伝子発現（※9）解析等を進める。 ・無花粉マーカー（※10）を用いた雄性不稔（※11）遺伝子保有系統のスクリーニングを進めるとともに、雄花着花量を対象としたゲノム予測（※12）の技術等の開発に着手する。 	<p><課題③></p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成32年度までに、気候変動に適応し、成長に優れた花粉発生源対策スギ品種を開発するための育種素材（※13）を3系統以上作出する。
<p><課題④></p> <ul style="list-style-type: none"> ・海洋微生物（※14）のメタゲノム（※15）データをはじめとする様々なオミクスデータを解析し、赤潮の発生・終息時期ならびに漁場適性の判断指標とすべきパラメータ（対象微生物を含む）を特定する。 	<p><課題④></p> <ul style="list-style-type: none"> ・微生物叢（※16）の特徴から、シャットネラ赤潮以外の有害微生物の発生を3日以上前に予測する技術及び養殖に適した海域を選択する技術を開発する。

2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（H38年）

- ① 将来の気候変動下においても、持続的・安定的な林業生産活動を維持。
- ② 気候変動適応計画策定への貢献を通じた各種林業施策への反映。
- ③ 気候変動・温暖化等により有害微生物が増加した場合に備え、赤潮発生を3日以上前に予測する技術及びクロマグロ等の新規魚種養殖を行う海域を適切に選択する技術を開発することにより、突発的な赤潮等による漁業被害（平成21・22年に八代海域で約80億円の漁業被害が発生）を回避し、被害を半減させる。

【項目別評価】

1. 社会・経済の諸情勢の変化を踏まえた研究の必要性

ランク：A

①農林水産業・食品産業、国民生活の具体的なニーズ等から見た研究の重要性

<課題①>

過去30年程度の間で50mm/時間以上の短時間強雨の発生頻度が増加し、森林の土砂崩壊・流出被害が発生している。将来、年最大日雨量や年最大時間雨量が現在よりも数十%増加すると予測され、集中的な崩壊・崖崩れ・土石流等が頻発すると予測されている。このような中、人工林の多くが主伐期を迎えており、木材供給への期待が高まっていることから、山地災害の発生リスクを低減すると共に木材の効率的な供給を可能とする森林管理手法を開発する必要がある。

<課題②>

一部の地域で乾燥化によるスギ林の衰退現象が報告され、将来、気温が上昇すると、特に降水量の少ない地域でスギ人工林の生育が不適になる地域が増加すると予測されている。しかし、気候変動が人工林に与える影響の定量的な評価は行われていないため、人工林成長に対する気候変動の影響評価が必要である。

<課題③>

スギは全国で造林されており、人工林面積も大きい。気候変動による高温や乾燥ストレスに耐性を有するスギの品種改良に向けた技術開発を行うことが、人工林における気候変動の進行に伴う生産性への影響を抑制するとともに、森林が持つ水源涵養やCO₂吸収等の公益的機能を維持するために重要である。また、我が国の約3割の国民がスギ花粉症に罹患しているとされていることから、品種改良にあたって花粉発生源対策をあわせて行うことが不可欠である。

<課題④>

養殖を含む沿岸漁業は、我が国の海面漁業生産量の45%を占め、多様な魚介類を食卓に提供する重要な役割を担っている。しかし、近年、沿岸漁業が営まれる沿岸漁場では赤潮等の環境由来の漁業被害が発生し、沿岸漁業経営の安定化、水産物の安定供給の根幹に関わる問題となっている。さらに、気候変動・温暖化に起因する熱帯性・亜熱帯性赤潮発生による水産動物のへい死リスクの増大等が予想されている。実際に、従来は赤潮の原因と考えられなかった微生物によって養殖クロマグロが死亡し、一時に1億円以上の被害が発生するなど、養殖における新たなリスクが顕在化している。このような被害を軽減するには、早期の発生予測による余裕を持った対処が必要だが、現在行われている海洋環境及び有害プランクトン量の監視による発生予測では赤潮発生の直前にしか予報できないため、早期の予報を可能とする新たな技術の開発が求められており、水産基本計画においても赤潮対策に関する研究推進の方針が示されている。これまでに、漁業被害を発生させるシャットネラ赤潮についてはメタゲノム解析を用いることで予測可能であることが明らかになっているが、今後、被害の拡大が予想される熱帯・亜熱帯性赤潮を対象とした簡易な沿岸環境の診断技術の開発が必要であり、農林水産業、国民生活のニーズ等の視点からの研究の重要性は高い。

②引き続き国が関与して研究を推進する必要性

平成28年5月に閣議決定された「森林・林業基本計画」、平成29年4月に閣議決定された「水産基本計画」、平成27年8月に決定された「農林水産省気候変動適応計画」、平成27年11月に閣議決定された「気候変動の影響への適応計画」の中で、これらの課題はいずれも重要なものと位置づけられており、引き続き国が関与して推進していく必要がある。

<課題①>

山地災害は国民の生活・経済に大きな影響を及ぼすことから、そのリスク低減に国が取り組む必要がある。「農林水産省気候変動適応計画」の中で、新たな科学的知見や気候モデルの精度向上等も踏まえながら、山地災害危険地区の把握精度の向上、災害リスクに対応するための施設整備や森林の防災・減災機能を活用した森林管理について検討をおこなう（P19）こととしている。また、「森林・林業基本計画」の中で、温暖化の進展に伴い懸念される集中豪雨等に起因する山地災害への対応（P22）などの適応策を推進するとしている。

<課題②>

林業は植林から伐採までに数十年の長期間を要することから、国が中長期的視野に立って将来の気候変動による影響を評価・予測し、対策を進める必要がある。「農林水産省気候変動適応計画」の中で、気候変動が主要造林樹種の成長や下層植生などの樹木の周辺環境に与える影響についての継続的なモニタリングと影響評価（P19）に着手するとしている。また、「森林・林業基本計画」の中で、温暖化の進展が森林・林業分野に与える影響についての調査・研究（P22）などの適応策を推進するとしている。

<課題③>

林木の育種には長期間を要し、民間で行うことはできないことから、国が主体となって育種事業を実施しており、気候変動に適応したスギ品種の開発についても国が主導して実施する必要がある。「農林水産省気候変動適応計画」の中で、高温・乾燥ストレス等の気候変動に適応した品種開発に着手（P19）するとしている。

<課題④>

上記1. ①の通り、気候変動・温暖化に伴う有害赤潮プランクトンの発生は、我が国水産業と水産物の安定供給の根幹に関わる問題である。「水産基本計画（平成29年4月閣議決定）」では、赤潮による漁業被害防止・軽減対策のためには、迅速な赤潮等の情報の提供が肝要である（P18）としている。また、「農林水産研究基本計画（平成27年3月決定）」では、和食文化を支える多様な魚介類の安定的な供給を図るため、高解像度の人工衛星情報や海洋微生物のメタゲノム情報等から得られたデータ等を駆使することにより、海洋環境のモニタリング技術をより高度化する（P46-47）としている。さらに「農林水産省気候変動適応計画（平成27年6月決定）」や「気候変動の影響への適応計画（平成27年11月閣議決定）」では、メタゲノム解析技術等を利用して、新たな脅威となりつつある熱帯・亜熱帯性赤潮プランクトンの出現を高感度で探知できる手法を開発するとともに、これらプランクトンの生理・生態的

特性を把握し、発生予察、予防技術、対策技術の開発に活用する(それぞれP24及びP34)としている。

2. 研究目標（アウトプット目標）の達成度及び今後の達成可能性

ランク：A

①中間時の目標に対する達成度

<課題①>

スギを対象にした現地引き倒し試験を行い、樹齢や斜面立地条件と樹木が発揮する強度特性（転倒抵抗力のモーメント）との関係を明らかにすることで、力学的な土砂流出防止効果特性を明らかにした。また、スギの蒸散量に対する樹冠投影面積の影響を解明し、これを基に降水量と蒸散量から土壌水分量、流出量を出力する土壌水分量モデルを構築した。さらに、平成30年度から行うこととしていた森林斜面の危険度の経年変化評価手法を前倒しで開発し、試算結果を示した。

山地災害リスクを、保全対象との距離と土砂移動リスクに分けて評価し、土砂移動リスクについては斜面傾斜30度以上、保安林等の有無、過去の崩壊の有無、危険地形（0次谷、断層、地すべり、地質境界、崩積土）の5つの指標から判断する評価手法を開発した。また、保全対象に配慮する範囲を推定するアプリケーション及び、土砂移動リスクを図示できるアプリケーションを開発し、各地方自治体との双方向の情報集約を実施して改良を進めている。

以上のように、中間時の目標は達成されており、一部では目標以上の成果が出ている。

<課題②>

「人工林影響評価モデルにおいて重要な要因を解明」という達成目標については、「スギは春から夏の乾燥に脆弱であること」、および「冬季の気温がスギの直径成長に影響すること」を明らかにした。また、「九州地域で試行的に適地マップを作成」について、適地評価のための人工林影響評価モデルを構築し、九州地域における2100年時の潜在純生産量（※17）を試算したマップを作成した。このように、中間時の目標を達成している。

<課題③>

育種素材の選抜のための乾燥耐性評価手法を開発し、平成30年度から行う予定としていた系統評価を前倒しで開始し、100系統以上のスギの評価を行った。また、乾燥・高温ストレス関連遺伝子情報の網羅的収集を実施し、遺伝子発現解析に着手した。さらに、花粉発生源対策に資する系統（無花粉個体やヘテロ（※18）個体）を選抜可能なマーカーを開発し、精英樹（※19）系統のスクリーニングを推進するとともに、雄花着花量についてゲノム予測技術の開発に着手し、関東育種基本区の精英樹における雄花着花量を予測するためのマーカーセットを開発した。このように、中間時の目標は全て達成し、一部では目標以上の成果が出ている。

<課題④>

赤潮発生・終息予測については、赤潮の発生に関与する細菌叢・遺伝子発現様態・化学物質などを解明すべく、「エコミクス解析（※20）」が進められており、東京湾での調査では1日前時点での赤潮挙動の予測データと実測値が一致することが確認され、予測に重要な因子が特定された。また、経時的な底泥等試料解析によりカレンシア赤潮の発生機構が明らかになりつつある。さらに、赤潮の終息予測技術の構築に向けた研究が着々と進められており、注目すべき微生物叢や代謝物質（※21）が特定され、予測に重要な指標が得られた。

また、漁場特性判断については、電位センサーを用いて底質環境を診断できることが屋外水槽にて確認され、民間企業との協力の下で同手法を応用した漁場環境把握と改善技術の開発に向けた研究が進められている。さらに、新規魚種養殖場として微生物学的な視点から漁場環境適性評価を行う技術を開発し、珪藻類、ラフィド藻類及び渦鞭毛藻類など鍵となる微生物群が指標として特定された。

このように、本課題は当初の計画通り進捗し、順調に成果をあげており、赤潮の発生・終息時期ならびに漁場適性の判断指標とすべき予測重要因子、微生物叢、代謝物質などパラメータが特定され、中間の目標は十分に達成されている。

②最終の到達目標の今後の達成可能性とその具体的な根拠

<課題①>

中間時までには森林斜面の危険度の経年変化を評価する手法を開発した。今後、スギだけでなくヒノキに関する土砂流出防止効果特性を解明するとともに、土壌水分変動に及ぼす重要因子の抽出と影響解明

を継続することにより、森林斜面の危険度の経年変化評価の精度が向上することから、予測モデルの開発は達成可能である。また、県や市町村の林業担当者の問題点を整理し、現場が利用しやすい危険地形判読ツールと森林計画支援アプリケーションを改良することにより、災害リスクと林業収益性を考慮した森林ゾーニングとそれに応じた計画の変更が容易になることから、災害リスクを低減するための森林管理技術（配置、面積、樹種転換など）の開発は達成可能である。

<課題②>

中間時までには、気候変動の影響を評価するための人工林影響評価モデルの骨格を開発し、広域表示も可能になっており、残りの期間でモデルの改良、全国への拡張、精度の検証を行うことで目標の達成が可能である。具体的には、今後、立地条件や樹木の乾燥に対する生理的応答（※22）をH30-31年度にかけて反映させ、モデルの高度化を図るとともに、気候変動シナリオデータや精度検証用データを整備することで、高精度の全国造林適地マップの作成が可能である。

<課題③>

平成29年度に開発された乾燥耐性評価手法を適用し、今後、育種素材選抜のためにスギ精英樹等の評価を進める。すでに一部の精英樹系統の評価に着手し、系統間差が認められており、選抜の可能性を確認している。環境ストレス応答に関するマーカー開発については、収集した乾燥・高温ストレス関連遺伝子の遺伝子発現解析等に着手し、ストレスに特異的に応答する遺伝子群を見出しており、今後さらに絞り込みを行っていく。雄花着花形質のうち、無花粉形質については平成28年度に雄性不稔のマーカーを開発しており、現在そのマーカーを用いて精英樹系統のスクリーニングを進め、雄性不稔遺伝子をヘテロで有する個体を検出しているところである。また、雄花着花量についても、平成29年度に関東地方のスギ精英樹を対象として雄花着花量を予測するためのマーカーセットを開発したところである。このようにそれぞれの技術開発は順調に進捗している。今後、開発した評価技術によるスギ系統の評価を推進するとともに、マーカー開発を継続的に実施し、開発したマーカーを系統に対して適用することにより、最終の到達目標である育種素材3系統以上の作出が可能である。

<課題④>

シャットネラ赤潮以外の有害微生物の発生を3日以上前に予測する技術の開発については、東京湾調査において赤潮発生を事前予測する技術が開発されたこと、カレニア赤潮の発生機構が明らかになったこと、赤潮の終息に関連する微生物叢や代謝物質が特定されたことなどから、シャットネラ赤潮以外の有害微生物の発生を予測できる。また、先行プロジェクトで実施したシャットネラ赤潮の予測技術の開発では、メタゲノム解析により1週間前の微生物叢の変化を検知し、予測することを実現しており、熱帯・亜熱帯性赤潮でも3日前までには微生物叢の変化を検知できる可能性は極めて高い。

養殖に適した海域を選択する技術の開発については、電位センサーを用いて底質環境を診断できることが屋外水槽にて確認されたこと、珪藻類、ラフィド藻類及び渦鞭毛藻類など漁場環境適性評価の鍵となる微生物群が特定されたことから、これらの知見を元により多くの試料を用いて現場実証等を実施することで養殖適地を評価できる。

このように、赤潮発生・終息予測や適地選択できる技術開発の可能性が確実に増えてきたことから、最終の到達目標は達成可能である。

3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム）の目標の今後の達成可能性とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の妥当性

ランク：A

①アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠

<課題①>

各県の研究担当機関を通じて、森林計画支援アプリケーションを地方自治体の森林計画に活用されるよう普及活動を行っている。さらに、現場で使用することにより明らかになる問題等をフィードバックすることにより、利便性と実用性のさらなる改善、改良を進めており、課題終了後は速やかに現場で活用されることが期待される。本課題の成果により災害リスクと林業採算性による森林ゾーニングが容易になると、リスクの低い森林において優先的に林業経営が実施されることとなり、豪雨が増加する状況の中でも災害の少ない安定した林業生産活動が可能となることから、アウトカム目標である持続的・安定的な林業生産活動の維持に貢献するとともに、政府及び地方自治体の林業施策に反映される。

<課題②>

現在の農林水産省気候変動適応計画ではスギ人工林への生育に対する影響が示唆されているが、本研究の成果によりスギの生育に不適となる地域を明示することができる。研究成果を市町村森林整備計画立案に大きく関与する森林総合監理士（※23）などの林業指導者育成研修資料に盛り込むことで、国の人材育成政策に貢献する。また、1kmメッシュの評価マップを基に、森林総合監理士が適地・不適地に応じた地域ごとの施策方針を策定し、将来不適地となる森林については課題③で開発される気候変動に適応した新品種を植栽することで、将来の気候変動下でも安定した林業生産活動を行うことが可能となることから、アウトカム目標である持続的・安定的な林業生産活動の維持に貢献するとともに、政府及び地方自治体の林業施策に反映される。

<課題③>

本課題により開発する育種技術と作出した育種素材を用い、人工交配等を通して育種を推進することで平成42年度までに3～10の新品種を開発する見込みである。新品種の苗木増殖と普及活動を行うことで、課題②の予測により従来のスギ品種の生育が不適となる地域において本課題で開発された品種を植栽することで、将来の気候変動下でも安定的な林業生産活動を行うことが可能となることから、アウトカム目標の達成は可能である。

<課題④>

海水温の上昇により有害微生物が増加した場合でも、平成21・22年に八代海域で約80億円の漁業被害をもたらしたような突発的な赤潮等による漁業被害を回避し、被害を半減させることをアウトカム目標としている。本課題で開発された技術により、養殖を行う水域を適切に選択することで赤潮被害を回避できるとともに、赤潮情報を3日以上前に漁業者に提供できれば、給餌停止やイケス移動等の対応が可能となる。このように被害を回避または低減させることで、養殖を含む沿岸漁業の経営の安定化を図るとともに、国民に対する水産物の安定供給に寄与することが可能となる。

また、関係行政部局や漁業者へ研究成果の普及や意見交換を通じて、有害微生物の発生を3日以上前に予測する技術を公設試等による既存の海洋モニタリング関係者に技術移転し、赤潮情報網を高度化することで、突発的な赤潮による漁業被害の回避が可能となる。

以上のことから、本研究が社会・経済等に及ぼす効果とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋の妥当性は高い。

②アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性

<課題①>

森林計画支援アプリケーションを地方自治体の森林計画に活用されるよう普及活動を行っている。平成29年度には、山地斜面のリスク評価のために整理した情報をWebGIS（※24）上で利用する取り組みの一環として、各都道府県、民間企業の関係者を主な対象者とした「地形利用情報シンポジウム」や、森林情報を活用した崩壊危険地の把握手法に関する講習会を開催した。積極的に成果の普及に努めており、研究成果の活用のための取組内容は妥当である。

<課題②>

農林水産省気候変動適応計画への反映により農林水産行政へ貢献するため、林野庁の関係部署に課題内容の説明や、施策に反映しやすい成果の出し方などの情報交換を行った。また、成果を森林経営計画立案時に有効に活用するため、市町村森林整備計画立案に関与する森林総合監理士などの林業指導者育成研修において、本課題の成果を講義資料に盛り込んでおり、研究成果の活用のための取り組みは妥当である。

<課題③>

得られた研究成果について、平成29年度林業研究・技術開発推進ブロック会議育種分科会（北海道、東北、関東・中部、近畿・中国、九州）において、開発される品種の利用者にあたる都道府県の林木育種事業・研究担当者に情報提供している。また、林木育種事業60周年記念シンポジウム（平成30年2月16日）においても得られた研究成果について発表しており、研究成果の活用のための取り組みは妥当である。

<課題④>

研究成果が円滑に行政施策や生産場での実用化に反映されるよう、地方自治体等と連携して、赤潮予測技術の実海域における試験を実施している。また、クロマグロ養殖現場（漁協）に赴き、現場におい

て養殖漁業者と意見交換を行い、現場ニーズや状況に応じた技術の開発を実施している。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

<課題①>

本プロジェクトで開発した山地斜面のリスク評価技術を林業現場だけでなく、国土の保全や防災に広く活用することを目的に、内閣府のプロジェクトに応募して、崩壊危険地や林道情報等の森林域の防災関連情報を、SIP4D（府省庁連携防災情報共有システム）を通じて広く提供する予定である。

<課題④>

開発される技術は、淡水域における養殖の水域評価についても応用可能である。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

①研究計画（的確な見直しが行われているか等）の妥当性

5名の外部有識者と、関係する行政部局で構成する「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」運営委員会を設置し、行政ニーズや各課題の進捗状況を踏まえて、実施計画の見直し等の適切な進行管理を行っている。

課題③では、平成29年度第1回運営委員会での指摘を踏まえ、環境適応性マーカー開発のための研究を平成30年度以降前倒しで行うために年度計画の見直しを行った。

課題④のうち、電位を用いた底質測定・底質改善技術については、運営委員会における検討の結果、電位センサーを用いて底質環境を診断できることが屋外水槽にて確認されたこと、底質改善について実験室レベルで実現できることが明らかになったことから、引き続き継続するが、底質改善技術については平成30年度の海域実験の結果と実用化方策の検討結果をもとに、平成30年度末に継続の可否を再度判断することとした。

本事業の課題はともに計画以上に進捗しており、最終目標の達成も見込まれることから、研究計画は妥当である。

②研究推進体制の妥当性

上記の運営委員会を年2回（7～8月頃、2～3月頃）開催し、進捗状況の確認、研究計画・推進体制の見直し、研究成果の共有と公表等について、指導等を行っている。また、研究コンソーシアムの自主的な推進体制として、中間検討会や推進会議を随時開催し、コンソーシアム内の情報共有や意見交換、推進体制の検討等を行っていることから、研究推進体制は妥当である。

③研究課題の妥当性（以後実施する研究課題構成が適切か等）

<課題①>

森林防災機能の経年変化を5年おきに評価する中課題1と、災害リスクを低減させる森林管理技術の開発を行う中課題2で構成され、それぞれアウトプット目標に対応した課題構成となっている。中課題2において森林経営計画策定を支援する際の判断材料に中課題1の防災機能経年変化の成果が導入されることとなっており、中課題が連携してアウトプット目標を達成することから、課題構成は妥当である。

<課題②>

人工林影響評価モデルを開発して1kmメッシュのすぎ人工林適地マップを作成する中課題1に対し、中課題2では評価モデルに組み込むパラメータに科学的根拠を与えるとともに、中課題3では局所的で高精度な予測モデルを用いて評価モデルの精度検証を行うことで、高精度な人工林適地マップを作成する課題構成となっており、妥当である。

<課題③>

中課題1で高温や乾燥等の環境要因がスギの生育に与える影響の解明と系統の評価を行い、中課題2で環境適応性マーカーを開発して評価した系統に適用して分析することで、高温・乾燥の環境ストレスに耐性のある育種素材候補系統を選定する。中課題3で花粉発生源対策に資する育種素材候補系統を選定する。中課題4でこれらの候補系統に対し現地植栽による実証的评价を行い気候変動適応と花粉発生源対策に資するスギ育種素材を開発する課題構成となっており、妥当である。

<課題④>

重要課題への重点的予算配分、課題の統合・廃止などについて、運営委員会からの指摘を踏まえつつ毎年検討する予定であるが、これまでのところ計画通り進捗しており、課題構成は妥当である。

④研究の進捗状況を踏まえた重点配分等、予算配分の妥当性

委託プロジェクト全体で、課題の進捗状況や研究成果の有用性を踏まえた予算配分の重点化を行っている。林野分野3課題及び水産分野1課題はともに計画通り進捗しており、最終目標の達成も見込まれることから、予算配分額は妥当である。

1. 委託プロジェクト研究課題の継続の適否に関する所見

- ・ 中間時の目標は達成しており順調に進捗していることから、本研究を継続することは妥当である。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・ 各研究課題について、研究開発の内容だけではなく、どのような観点が気候変動対応として関連づけられているかなどを整理する必要がある。
また、林業など長期的な視点が必要な研究については、基本計画の中での位置付けを合わせて整理する必要がある。
- ・ 農林水産分野における気候変動対応という大きな枠組みと、各研究課題の位置付けや対応方針について整理して研究を進める必要がある。

[研究課題名] 農林水産分野における気候変動対応のための研究開発のうち、森林・林業、水産業分野における気候変動適応技術の開発

用語	用語の意味	※番号
IPCC	気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change) の略。気候変動に関する最新の科学的知見をとりまとめて評価し、各国政府に助言と勧告を提供することを目的とした政府間機構。	1
気候変動シナリオ	IPCCによる将来の気候 (気温や降水量など) の変化予測。今後の温室効果ガスの削減程度によっていくつかの気候変化パターンが予測されている。	2
成長プロセス	光合成や呼吸などの生理的な特徴からみた成長のしくみ。環境条件に応じた光合成量や呼吸量を計算することによって成長量を予測する。	3
人工林影響評価モデル	光合成量など樹木の成長プロセスから積み上げた森林の生産量を推定するシミュレーションモデルのことで、現在の気象条件と将来の気候変動シナリオを入れて計算した場合とを比較して影響を評価する。	4
花粉発生源対策スギ品種	花粉発生が少ないスギ品種 (少花粉スギ) 及び花粉が全く発生しないスギ品種 (無花粉スギ) の総称。	5
赤潮	プランクトンの異常増殖により海や川、運河、湖沼等が着色する現象。水域の富栄養化 (水中の栄養分が多くなりすぎる) と関係が強く、有害プランクトン (後述) が増殖すると養殖されている魚類、貝類を死亡させ、多大な漁業被害を及ぼす。	6
森林の力学的防災効果	樹木が根系を土壤中に張り巡らせることにより侵食や崩壊を防ぐ効果、上方から移動してくる土石などを捕捉して下流への流出を低減する効果。	7
森林の水文学的防災効果	樹木の遮断蒸発が林床へ到達する雨量を減じ、さらに蒸散により地中の水分を低減させることにより崩壊を抑制する効果、森林土壌層の降雨の貯留能力により表面流出を防ぎ水流出を緩和する効果。	8
遺伝子発現	通常、遺伝子情報 (DNA) に基づいてタンパク質が合成されることを遺伝子発現というが、RNAを鋳型とした遺伝子発現分析を行う場合では、DNAから転写されてRNAが合成される過程までを遺伝子発現と定義される。遺伝子発現解析では転写されるRNAの種類や量を調べる。	9
マーカー	ゲノム中の任意の遺伝子について、個体間での塩基配列の違いや遺伝子発現量の違いを目印としたもの。遺伝子マーカーは、個体間の識別や特性の予測等に用いられる。	10
雄性不稔	雄性器官である花粉や胚のうが異常で、正常に花粉形成ができない現象。スギでは雄花はつけるが雄花の花粉嚢内に正常な花粉が形成されない雄性不稔の個体が見つかっている。	11
ゲノム予測	事前に、表現型と多数のDNAマーカーの遺伝子型との相関関係に基づいてモデルを構築し、DNAマーカーの情報から表現型を予測すること。	12
育種素材	成長や材質等の特性が明らかで、品種改良を行う上で優れた特性を有しており、品種改良 (育種) を行う上で有益な個体のこと。育種を行う上で交配親などとして用いる個体。	13
海洋微生物	海水中に生息する生物のうち、肉眼でその存在が判別できず、顕微鏡などによって観察できる程度以下の大きさの生物をさす。原生動物、微細藻類、細菌等に加え、生物ではないがウイルスも微生物の範疇に含めることが一般的である。	14
メタゲノム	土壌、海水などの環境サンプルに含まれる生物のDNA (後述) をまとめて分析する新しい技術。従来の微生物のDNA解析では対象種を単離・培養してDNAを調製したが、メタゲノム解析はこの過程を経ずに、微生物の集団から直接そのDNAを調製し、そのまま塩基配列情報を解析する。従来の方法では困難であった環境中の難培養性微生物のDNA情報が入手可能なため、未知の細菌、未知の遺伝子を解明する手法として期待されている。	15
微生物叢	ある特定の場 (環境) に存在する微生物群集の組成をさす。主に細菌群集について使う場合が多い「腸内細菌叢」「海水中の細菌叢」など。	16

潜在純生産量	純生産量は光合成による全生産量から呼吸による消費量を引いたもので、純生産量は間伐等の気象以外の影響も受けるが、気象以外の条件を揃えた場合の潜在能力として表したものである。	17
ヘテロ	生物は、通常それぞれの遺伝子に両親からそれぞれ引き継いだ2つのコピー（対立遺伝子）を有しているが、それらのコピーが異なる型である状態をヘテロ（接合）という。同じ型である場合にはホモ（接合）という。	18
精英樹	スギ・ヒノキ等の造林樹種で、成長等の形質が優れた個体を一般林地から選抜したものを「第1世代精英樹」と呼び、この精英樹同士を交配してできた子供からさらに選抜したものを「第2世代精英樹（エリートツリー）」と呼ぶ。選抜に当たっては、成長量だけでなく、材の剛性や幹の通直性に著しい欠点がないこと、雄花着花量が多くないこと等も基準となっている。	19
エコミクス解析	環境および生体の代謝システムを俯瞰的視点で捉えるために、環境中または生体内の代謝産物（メタボローム）、タンパク質、転写産物（RNA）、遺伝子のそれぞれに関する網羅的解析（各種オミクス解析）情報を統合的に解析すること。	20
代謝物質	代謝とは、細胞内における物質生産やエネルギー生成のためにさまざまな酵素の触媒作用によっておこる物理化学反応の総称。一般的には新陳代謝とよばれている。代謝によって生成・消費される物質を代謝物質、代謝産物、代謝物という。また、代謝物質の総称をメタボロームという。代表的な代謝経路として、回路経路、クエン酸回路などがある。	21
生理的応答	樹木生理機能（光合成や呼吸、蒸散など）の、高温や乾燥などの気象条件の変化に対する反応のこと。	22
森林総合監理士	森林・林業に関する専門的かつ高度な知識及び技術並びに現場経験を有し、長期的・広域的な視点に立って地域の森林作りの全体像を示すとともに、市町村、地域の林業関係者等への技術的支援を的確に実施する者（平成26年4月1日付け25林整研第286号林野庁長官通知より）。	23
WebGIS	インターネット上で操作できる地理情報システム。	24

気候変動による山地災害の激甚化や人工林の生育状況の変化等に対応するための技術開発

背景と目的

- 気候変動により、今まで想定していなかった山地災害の激甚化が発生している。このため、森林の防災・減災機能を活用した新しい森林管理手法の開発が必要。
- 一部地域で高温や乾燥によるスギ人工林の衰退が報告されているが、気候変動が人工林に与える影響評価が不十分であるとともに、花粉源対策を含めた気候変動への適応が求められている。このため、人工林に対する気候変動の高精度な影響評価、気候変動に適応し、花粉源対策にもつながる人工林の生産技術の開発が必要。

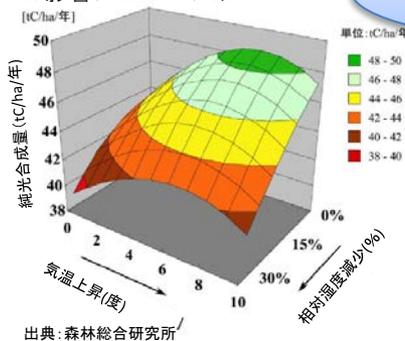
山地災害の激甚化



集中豪雨の増加等による土砂災害の集中・激甚化

気候変動の影響

光合成に対する気温上昇と乾燥の影響シミュレーション



人工林の衰退



気温上昇や乾燥、気象害による樹木の成長低下や枯死

対策

- 森林の防災・減災機能を活かした災害リスク低減技術の開発

- 気候変動が将来の人工林の成長に与える影響の高精度評価
- 気候変動に適応し花粉源対策にもつながる人工林の生産技術の開発

目標

- 山地災害リスクを低減させる森林管理が可能となる森林ゾーニング手法を地理的条件が異なる複数の地域において開発

- 全国1kmメッシュの適地マップ作成
- 気候変動に適応し、成長に優れた花粉源対策スギの育種素材を3系統以上作出する
- 苗木の大量増殖技術を実用レベルで開発

アウトカム

気候変動にともない危惧される山地災害と林業被害を3割減する

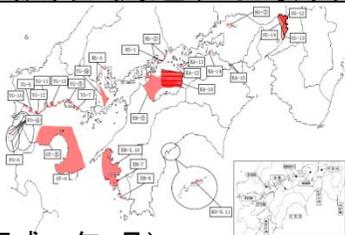
有害赤潮プランクトンに対応した迅速診断技術の開発

○現状

赤潮による漁業被害額は瀬戸内海だけでも年間約20億円。

中環審の意見具申において、将来予測される影響として、海水温の上昇による植物プランクトンの変化及び赤潮発生による水産動物への死リスクの上昇が予測されていることから、「重大性が特に大きく」、「緊急性が高い」と指摘。

近年、中層域の赤潮で養殖マグロが死亡するなど、漁業被害と関連する海洋微生物が多様化。



瀬戸内海の赤潮(平成26年8月)

○課題

水産庁の赤潮・貧酸素水塊対策推進事業では、水研センターと公設試が連携し、約20種類の藻類を対象として、広域海洋モニタリング調査体制の確立や予察技術の開発等に取り組み中。

しかし、熱帯・亜熱帯性の微生物等、調査対象とすべき微生物が多様化し、多大な労力と時間が必要になっているので、微生物相を迅速に診断する新たな技術が必要。

研究開発のポイント

1. 海洋微生物のメタゲノム解析

水中の微生物の遺伝子を網羅的に解析し、赤潮に至る変化のパターンを把握することにより、赤潮発生を3日前までに予測。

メタゲノム解析でないと網羅できない微生物

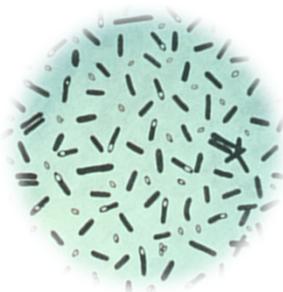


2. 養殖適地の選択

有益な微生物に着目し、マグロ等の養殖に適した水域を選択する技術を開発。



アモモ場には赤潮を抑制する細菌が生息



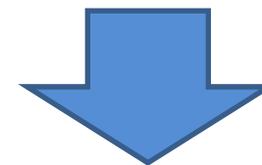
河口域には環境を浄化する微生物が生息

○目指す姿

①赤潮発生を3日前までに予測し、養殖業者による被害回避を促すとともに、中層赤潮の発生等、海水温の上昇による植物プランクトンの変化にも柔軟かつ迅速に対応。

②公設試等による広域海洋モニタリング調査に成果を移転することにより、充実した赤潮予測情報網を確立。

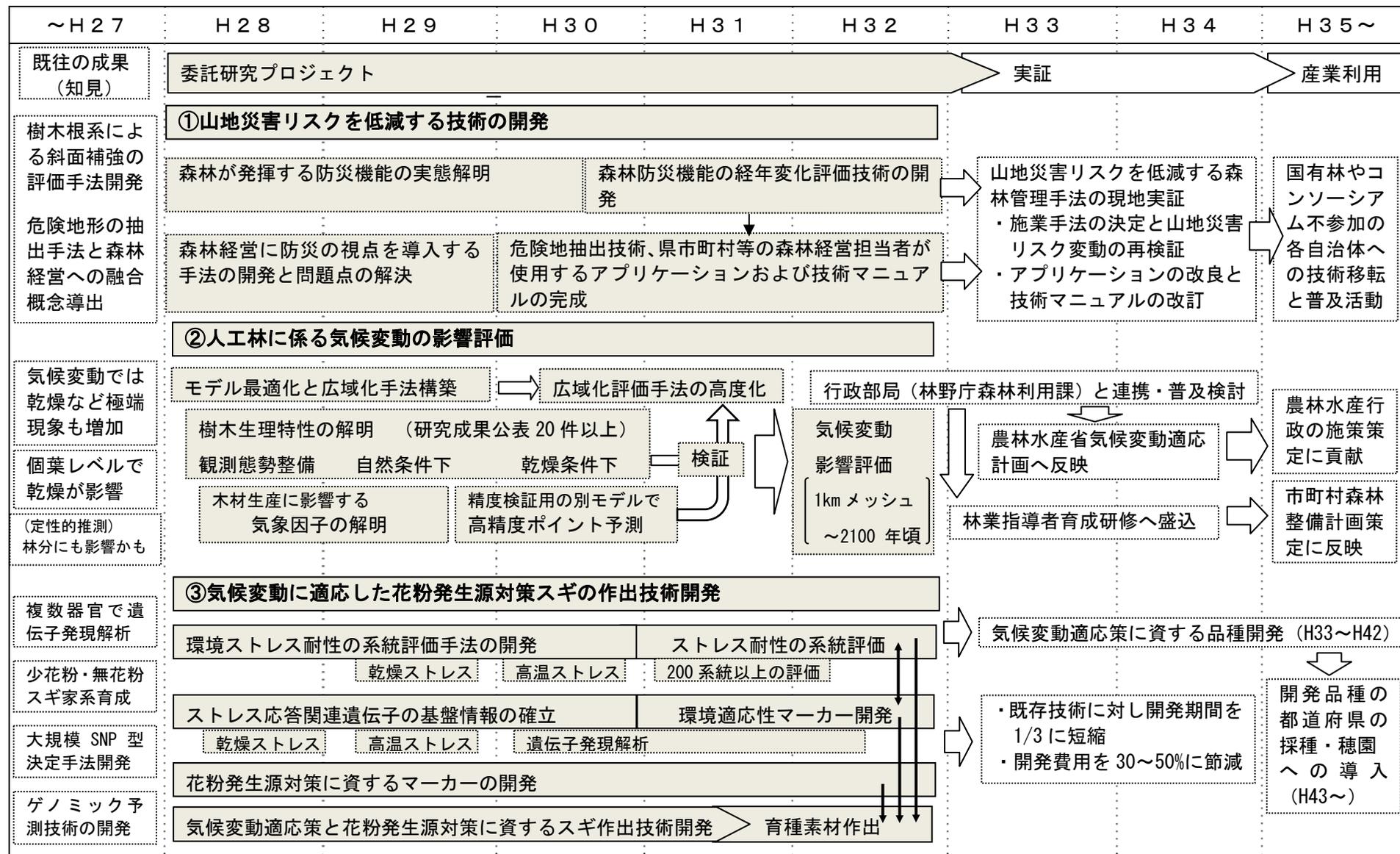
③赤潮を抑制したり、環境を浄化したりする微生物の所在を把握し、養殖に適した水域を選択。



赤潮被害の低減

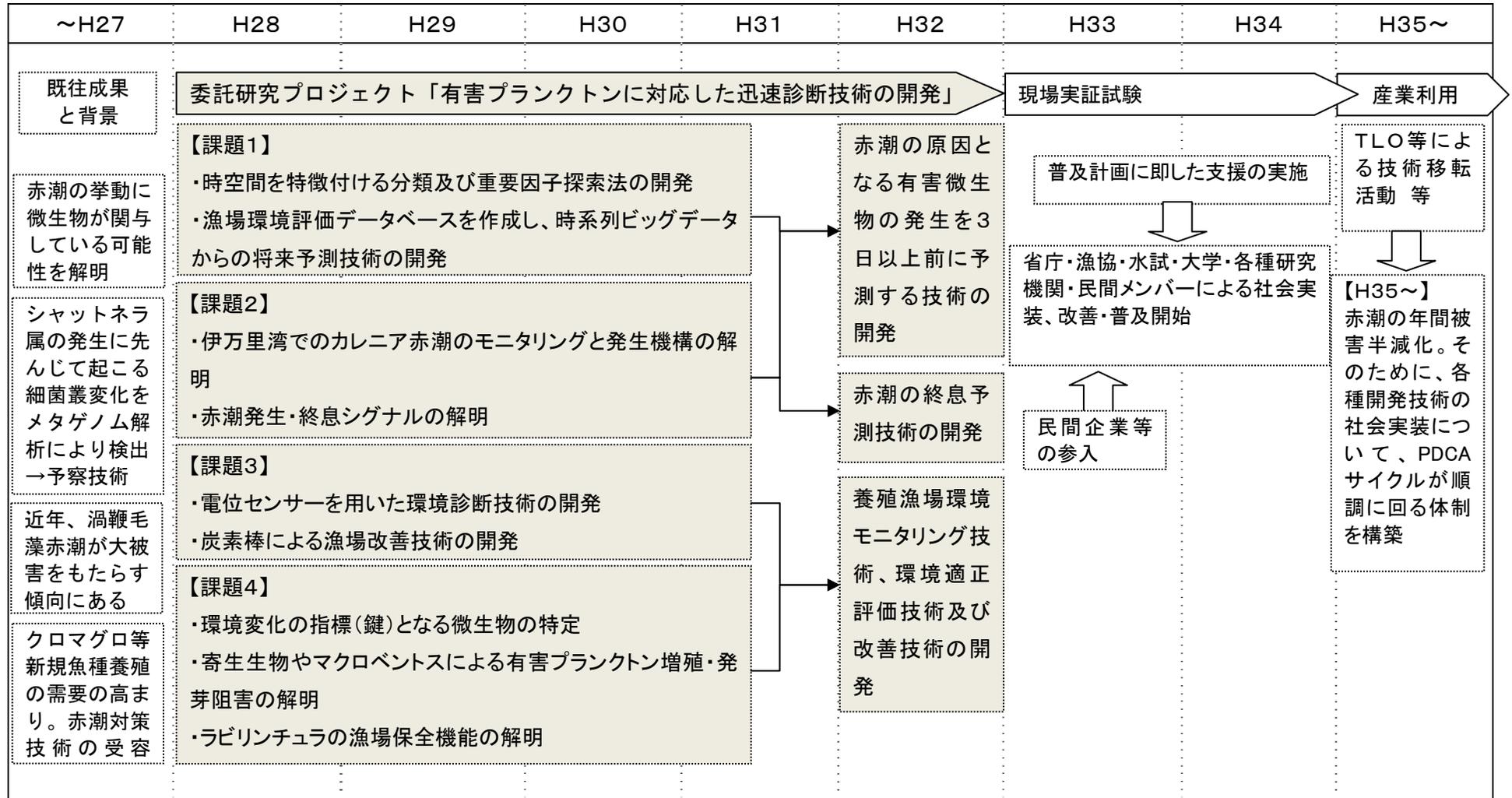
【ロードマップ（中間評価段階）】

農林水産分野における気候変動対応のための研究開発のうち森林・林業、水産業分野における気候変動適応技術の開発



【ロードマップ（中間評価段階）】

森林・林業、水産業分野における気候変動適応技術の開発



山地災害リスクを低減する技術の開発

研究概要

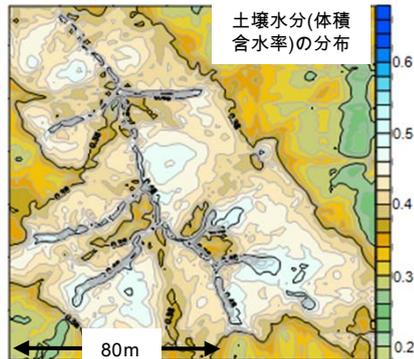
- ・森林の土砂崩壊・流出防止機能の経年変化評価技術の開発
- ・森林の防災機能を効率的に発揮させるための森林管理技術の開発

主要成果

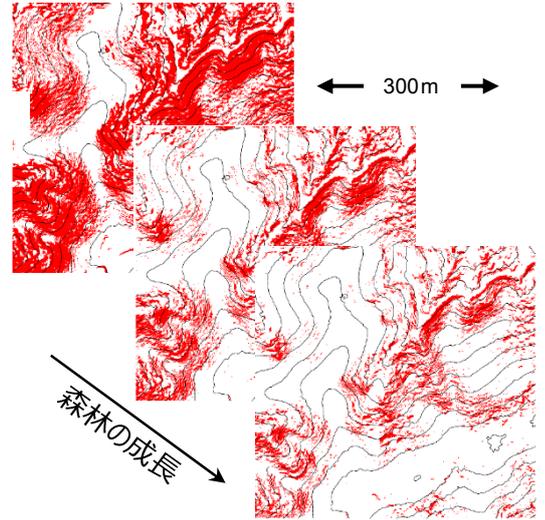
森林防災機能の経年変化評価



現地引き倒し実験によりスギの土砂流出防止特性を解明
土石や流木の捕捉機能を活かした減災技術に応用

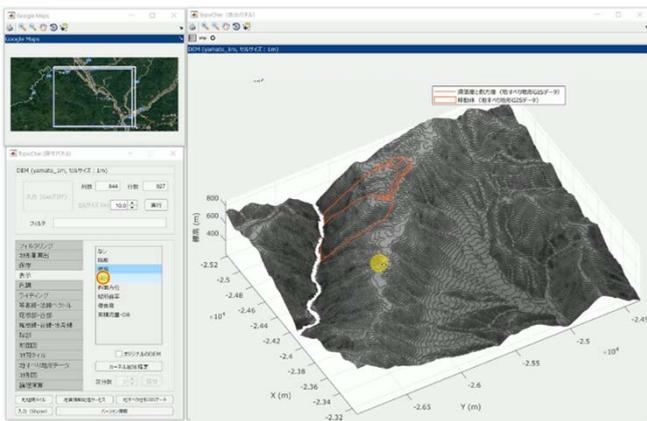


水文観測と地形解析を合わせ森林状態と土壌水分の関係を整理
尾根部、樹冠開空度が小さい場所で土壌水分が低下、森林の水流出緩和機能を活かした減災技術に応用

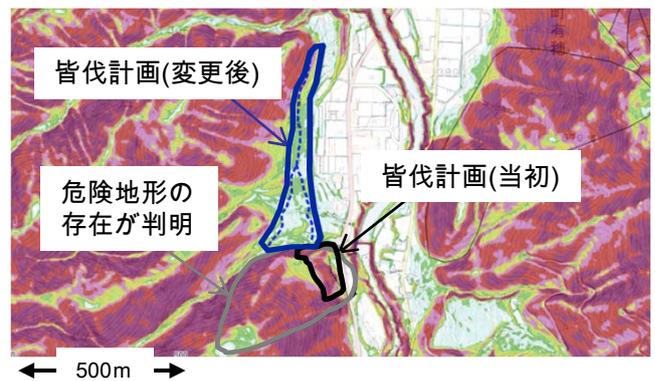


森林の成長に伴う防災機能の経年変化を導入した危険斜面判定技術を提案
崩壊発生危険を示す赤地点が森林の成長に伴い減少

防災機能を発揮させる森林管理技術の開発



森林経営計画を支援するアプリケーションの開発と無償公開
山地の危険指標が可視化され、フォレスター・施業プランナー・経営計画立案者が使用可能。



施業計画への実用化
森林経営計画支援技術の現場への普及活動と現場からのフィードバックを通じた双方向の開発過程において、災害リスクを考慮することにより実際の施業計画の変更を実現。

今後の方針

- ・森林の防災機能の経年変化評価技術の開発。
- ・経営計画支援技術の普及、リスク評価の解説書とアプリケーションの改良。

人工林に係る気候変動の影響評価

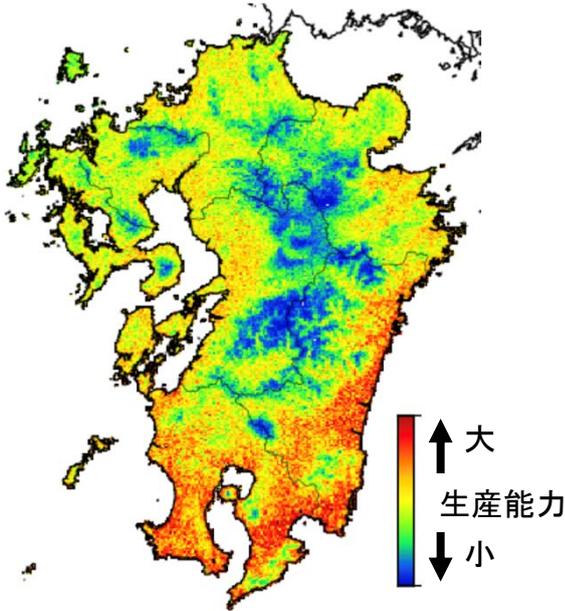
研究概要

気候変動が木材生産のための人工林へ及ぼす影響を科学的・定量的に評価する技術を開発し、その評価結果を1kmメッシュの解像度で全国マッピングする。

主要成果

気候変動の影響評価の全国マッピングに向けた 将来予測の広域化と影響する要因の解明

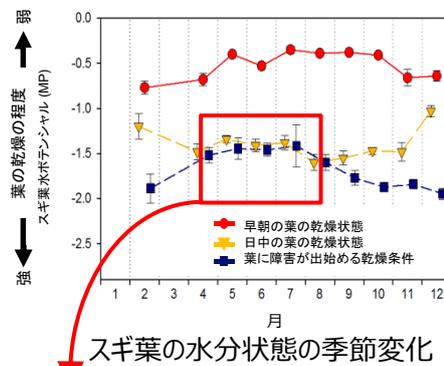
全国マッピングに向けた 人工林生産能力予測の広域化



1kmメッシュで広域表示が可能に

👉 今後、全国マップへ拡大

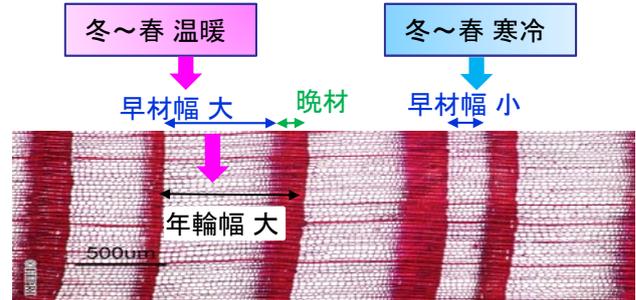
将来の生産力予測のための スギ生理特性を解明



春～夏(新葉の展開～成熟まで) 乾燥に弱い



将来の生産力予測のための 影響する気象因子の解明



直前の冬～春(12～3月)の気温が成長に影響

今後の方針

- ・影響する他要因を広域化モデルに反映させ精度を向上させる
- ・気候シナリオをモデル用に整備し影響評価の全国展開を図る

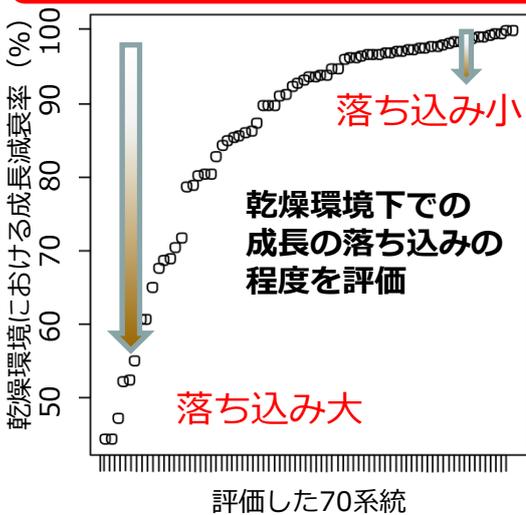
気候変動に適応した花粉発生源対策スギの作出技術開発

研究概要

乾燥や高温条件に耐性があり、成長に優れた花粉発生源対策スギ品種の開発に資する育種技術を開発し、その技術を用いて育種素材を3系統以上作出する。

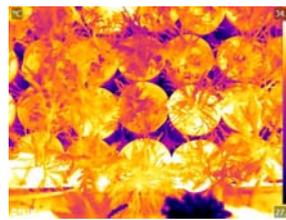
主要成果

乾燥耐性スギ系統の評価手法の開発

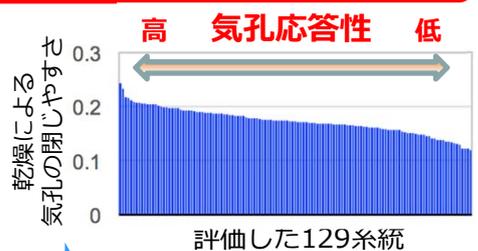


フィールドデータに基づく系統の乾燥耐性評価手法の開発

多数の既存試験林における成長データと立地環境データを統合し、土壌水分量に対する系統ごとの成長反応性を評価

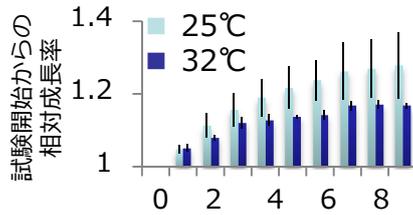


赤外線サーモグラフィでポット苗の葉温測定し気孔応答性を評価



系統評価を開始

ストレス関連遺伝子情報の収集

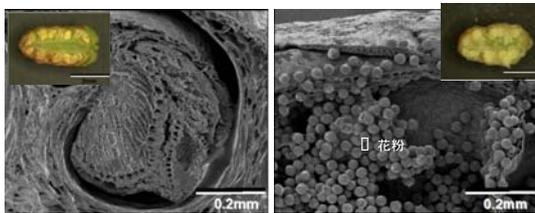


ストレス個体のRNA

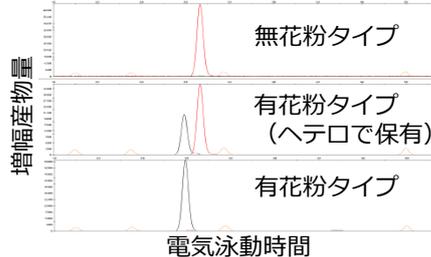


ストレス環境下でスギ苗を育成し発現遺伝子を網羅的に収集

雄性不稔（爽春型）を判定できるマーカーを開発



不稔・可稔個体の雄花断面



雄性不稔マーカーを開発

多数系統のスクリーニング

雄性不稔遺伝子ヘテロリソース構築

今後の方針

- ・遺伝子情報に基づき環境適応性等のマーカーを開発
- ・開発した評価手法やマーカーにより多数系統の評価を実施

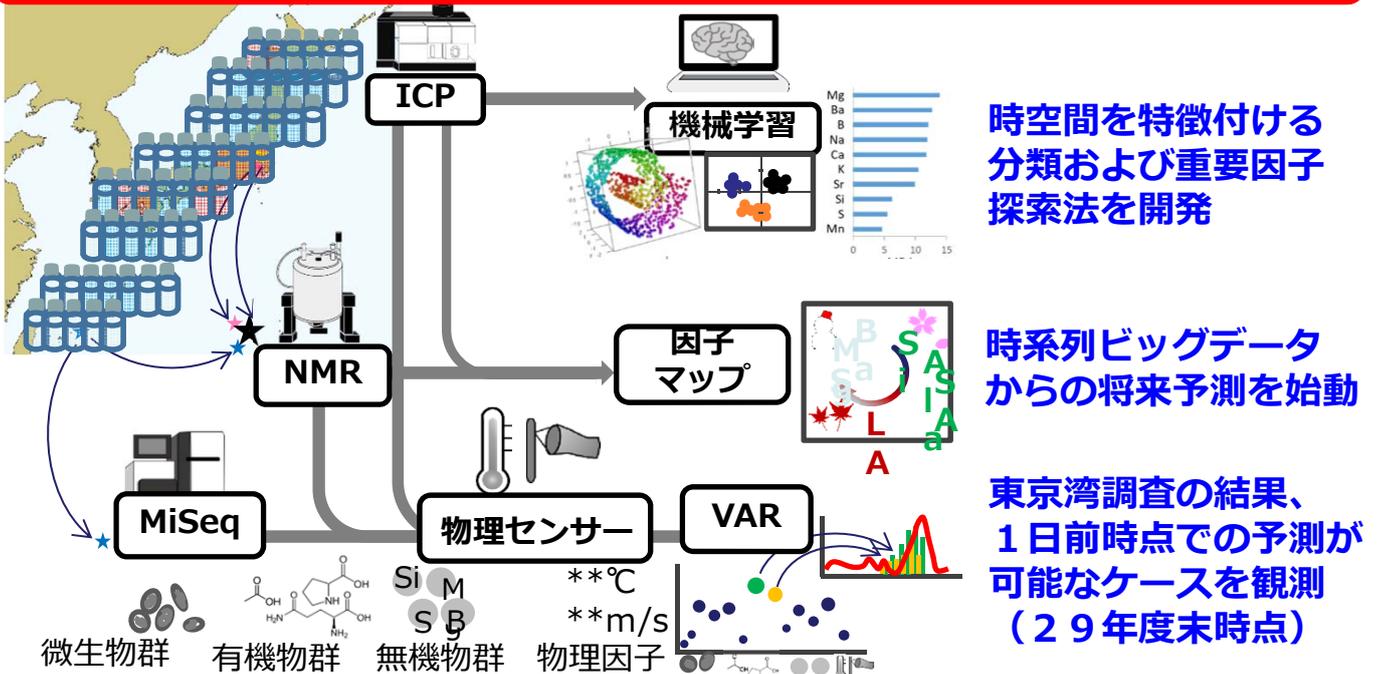
中課題1. エコミクス解析による漁場環境評価技術の開発

研究概要

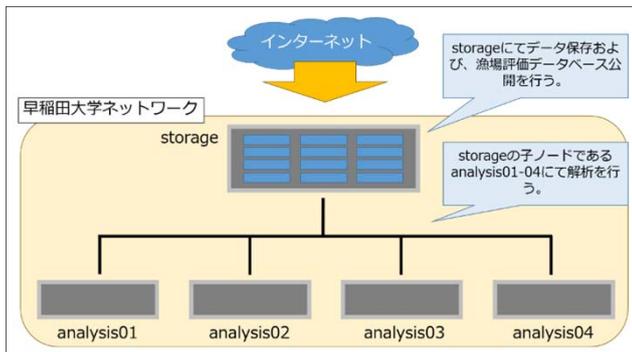
エコミクス解析（各種データを組み合わせた時系列動態の網羅的把握）による漁場環境評価技術を開発する。また、漁場評価データベースの開発及びデジタルDNAチップ解析による漁場評価技術の汎用化を行う。

主要成果

エコミクス解析による漁場環境評価



サーバ・ネットワーク環境整備および漁場環境評価データベースの開発



早稲田大学に本プロジェクト用のサーバ・ネットワーク環境を構築

環境データ一覧		検索項目	入力欄
111件中 1件から 50 件までを		検索項目	入力欄
初め	前	[1/3ページを]	
[底泥] 2016/07/12 Ima	海域	サンプル種別	未選択
16sアンプリコンシーケンス	サンプリング地点	サンプリング機関	未選択
[底泥] 2016/07/12 Ima	サンプリング日(y)	ファイルアップロード	
16sアンプリコンシーケンス	水温(°C)	110704_YatsuKM1_0-10m_B02_R1.fastq (1536622980 bytes)	Complete
[底泥] 2016/07/12 Imari (13) 長崎県	赤潮発生	Clear	
16sアンプリコンシーケンス		110704_YatsuKM1_0-10m_B02_R2.fastq (1578948668 bytes)	Uploading
		Cancel	

各参画機関への聴き取り調査後、漁場環境評価DBを構築し、データ登録を開始

今後の方針

- ・微生物・有機物・無機物群ビッグデータ蓄積とAI予測および重要因子探索
- ・データベース開発と運用（データ及び解析情報の拡充）、データ解析技術の改良

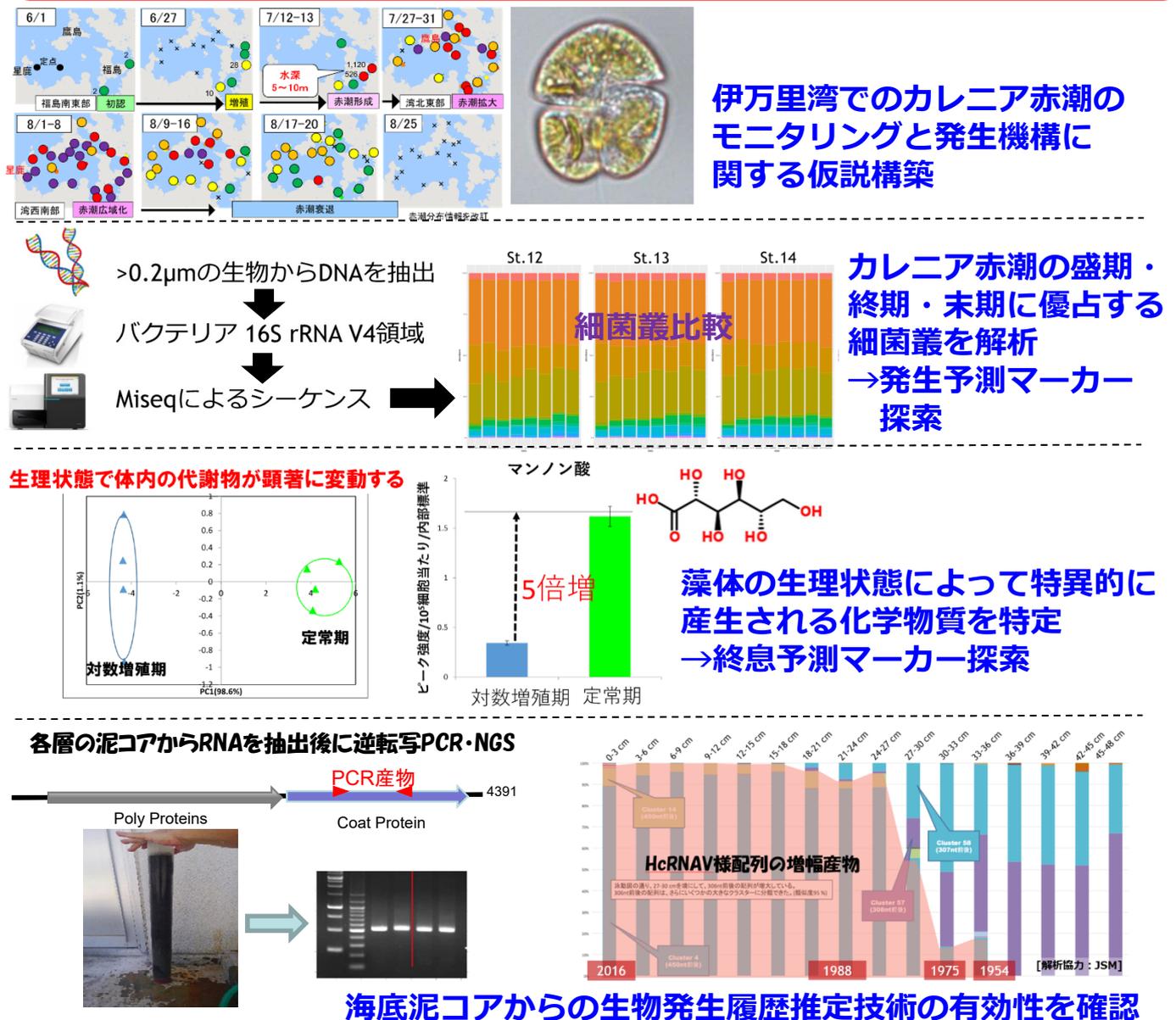
中課題2. 赤潮の発生・終息予測技術の開発

研究概要

有害赤潮種の出現密度や物理環境パラメータの測定と並行して、メタゲノム解析等により出現微生物種・代謝物質の網羅的検出を行う。これに基づき赤潮の発生・終息予測技術を開発する。

主要成果

主要成果名



今後の方針

- 赤潮発生・終息マーカーの特定と予測技術としての社会実装。
- 赤潮モニタリング継続。過去の生物発生履歴推定技術の構築。

中課題3. 環境中の電位差を利用した微生物制御による 漁場環境改善技術の開発

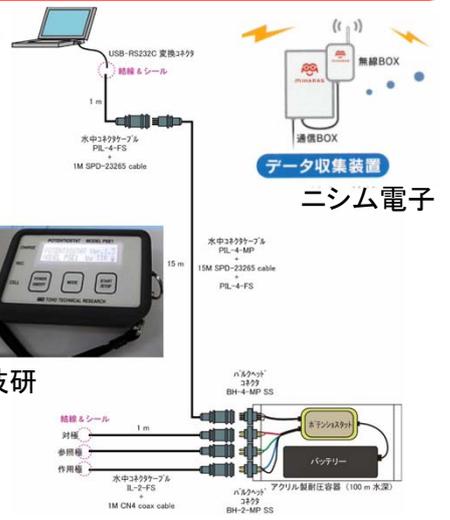
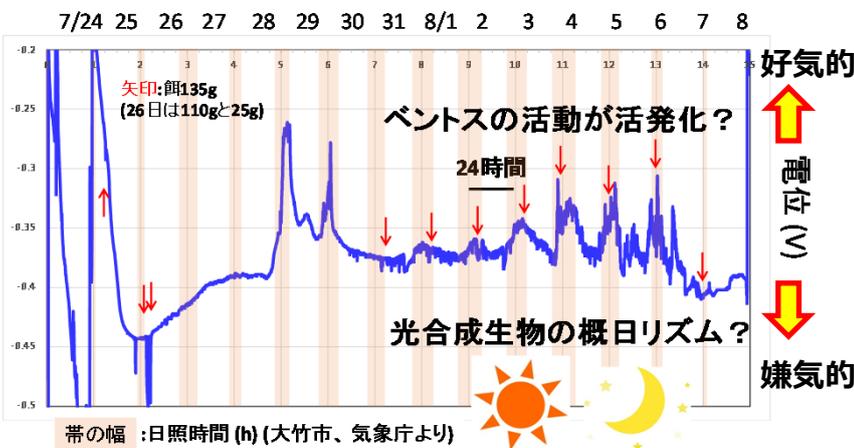
研究概要

赤潮の種（シスト）の温床となっている養殖場底質の健康度を評価する技術として、環境電位センサーシステムを開発し、人為的に電位を最適化することで漁場の環境修復を行う。

主要成果

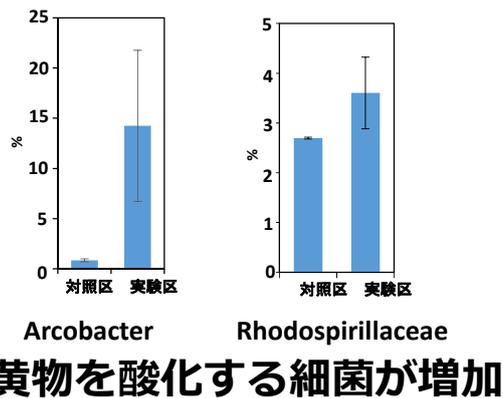
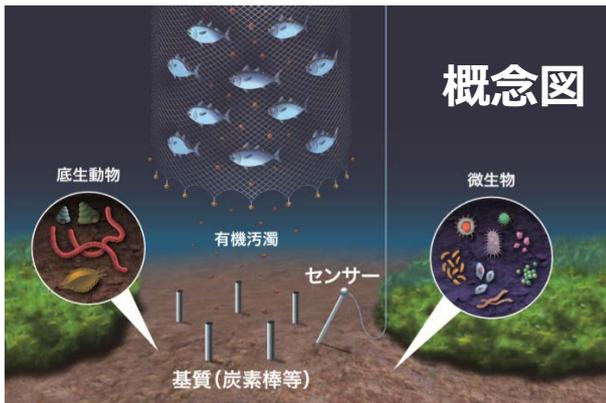
主要成果名

■ 電位センサーを用いた環境診断技術の開発



屋外水槽（4t）を用いた、電位センサーシステムの動作確認に成功。
（→モニタリング技術としての社会実装）

■ 炭素棒を用いた電位制御と環境浄化



疑似底質に炭素棒（電極として働く）を埋設することで、環境電位が上昇し菌叢が変化することを確認（→漁場改善技術としての社会実装）

今後の方針

- 養殖場への環境電位センサーの設置、ならびにデータ収集。
- 炭素棒の効果が最大化する条件検討、ならびに現場応用。

中課題4. 底質微生物叢解析による漁場保全重要微生物の抽出

研究概要

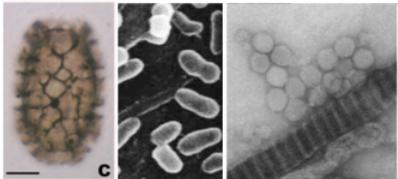
新規魚種の養殖業展開候補地の海域特性を科学的に評価できるようにするため、底質の微生物環境に着目し、微生物学的な底質環境データに基づく漁場適性評価技術を開発する。

主要成果

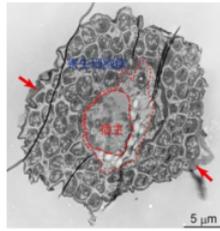
環境変化の指標となる微生物学的パラメータを抽出・指標化

底泥中微生物

有害藻類シスト 赤潮抑制菌・魚病細菌など 抗赤潮ウイルス・魚病ウイルスなど



藻類寄生性真核微生物



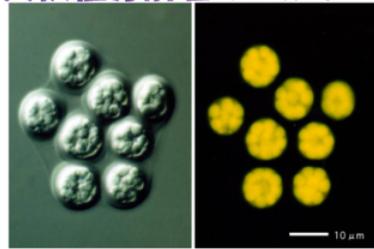
環境変化の指標となる鍵微生物の特定をH29年度末時点で完了

メタゲノムと各生物機能との並行調査を継続中

藻類シスト捕食性マクロベントス



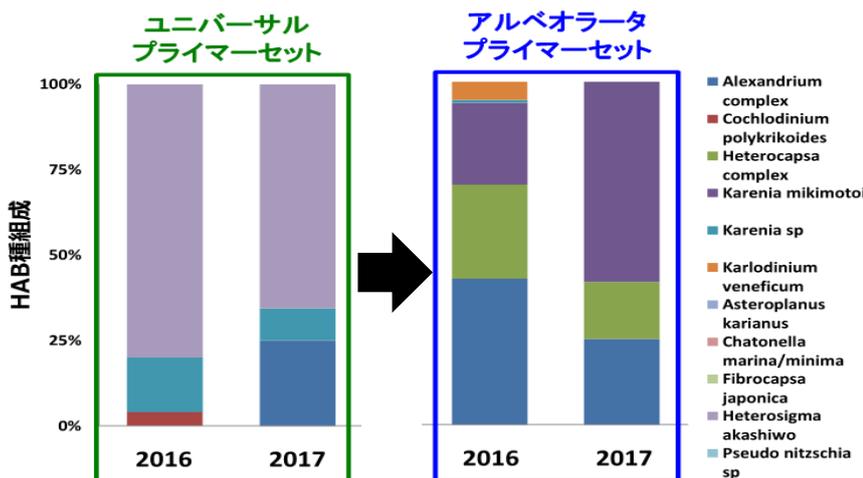
真核性分解者ラビリンチュラ



HAB渦鞭毛藻を含むアルベオラータに特異的なPCR&NGS系の構築→有効性確認



従来のユニバーサルプライマー使用時よりHAB渦鞭毛藻を遥かに高解像度で検出・識別



今後の方針

より多様な海域由来の試料を調べ「鍵生物種」の継続的抽出を行う。開発されたHAB渦鞭毛藻検出技術の社会実装について最適化を図る。