

事業区分	経常研究 (基盤)	研究期間	令和3年度～令和5年度	評価区分	事後評価
研究テーマ名 (副題)	マルチスケール概念に基づく膜透過シミュレーションの研究 膜分離プロセス向上のための解析				
主管の機関・科 (研究室) 名	研究代表者名 工業技術センター・工業材料・環境科 重光保博				

＜県総合計画等での位置づけ＞

長崎県総合計画 チャレンジ 2020	戦略7 たくましい経済と良質な雇用を創出する ② 地域経済を支える産業の強化 ⑥ 企業の技術力向上
ながさき産業振興プラン	基本指針 (1) 生産性/競争力を高める 施策の柱③ 技術力の向上 重点施策 (ア) 工業技術センター及び窯業技術センターによる県内企業の技術力向上支援と産学官連携による研究開発の支援

1 研究の概要

研究内容(100 文字)

マルチスケールシミュレーション (ミクロ分子レベルからマクロ流体レベルを横断するシミュレーション) を活用して膜透過現象を解析し、膜分離プロセスの技術改善を行う。水処理関連技術の県内企業と連携して、マルチスケールシミュレーション知見を活用するとともに、シミュレーション技術全般の底上げを支援する。

研究項目	① マルチスケールシミュレーション基盤環境の整備 ② マルチスケールシミュレーションの実装と有効性検証 ③ マルチシミュレーションによる県内企業の技術問題解決と市場開拓
------	--

2 研究の必要性

1) 社会的・経済的背景及びニーズ

シミュレーション技術は材料設計・創薬・半導体・乗用車といった製造業全般にわたって着実に浸透し、将来のものづくりにおいて必要不可欠な技術と考えられている。長崎県は、その地理・産業構造特性に沿った海洋関連工学や再生可能エネルギー分野の振興が推進中であり、材料物性解析・構造物解析・流体解析等の諸分野で最先端のシミュレーション技術の活躍が期待されている。県内のシミュレーション関連企業は、県内市場の確保に加えて県外市場の獲得を目指して、従来の技術では解析困難な複雑事象を扱うことができる最先端のシミュレーション技術を必要としている。このような状況下で、工業技術センターは、高度なシミュレーションの開発・導入・普及支援に対して、先導的役割を果たすことが求められる。

2) 国、他県、市町、民間での実施の状況または実施の可能性

マルチスケールシミュレーションの基礎技術およびソフトウェア開発は大学や国立研究所で進んでいるが、現状では普及段階に至っていない。たとえば九州地区においては、福岡・熊本・大分・佐賀の各公設試で汎用シミュレーション技術は導入済であるが、シミュレーション技術の高度化は行っていない。長崎県においては、他県に先駆けて高度なマルチスケールシミュレーション技術を開発導入し、水処理関連産業・海洋再生可能エネルギー産業の県内での展開が望まれる。

3 効率性 (研究項目と内容・方法)

研究項目	研究内容・方法	活動指標		R 3	R 4	R 5	R	R	単位
①	基盤環境の整備	計算環境構築	目標	1	1				件
			実績	1	1				
②	ソフトウェア実装と有効性検証	ソフト開発	目標		1	1			件
			実績		1	1			
③	県内企業の技術問題解決と市場開拓	技術支援	目標	2	3	3			件
			実績	3	4	5			

1) 参加研究機関等の役割分担

工業技術センター； シミュレーション構築・実装・実行、各参画機関との連携調整
 学術機関（東大生研、長崎大、大阪大、大分大）； シミュレーションの学術基礎・応用技術の開発
 国立研究機関（理化学研究所）； スーパーコンを用いた大規模シミュレーションの技術検討
 県内企業・県外企業； シミュレーションを活用した水処理システムの開発・新規膜材料の開発

2) 予算

研究予算 (千円)	計 (千円)	人件費 (千円)	研究費 (千円)	財源			
				国庫	県債	その他	一財
全体予算	10,450	6,931	3,519				3,519
R3年度	3,575	2,337	1,238				1,238
R4年度	3,641	2,296	1,345				1,345
R5年度	3,234	2,298	936				936

※ 過去の年度は実績、当該年度は現計予算、次年度以降は案

※ 人件費は職員人件費の見積額

(研究開発の途中で見直した事項)

4 有効性

研究 項目	成果指標	目標	実績	R 3	R 4	R 5		得られる成果の補足説明等
①	シミュレーション システム構築	2 件	2 件		○			分子動力学解析用専用計算機の開発 膜分子シミュレーション用ソフトの導入
②	シミュレーション 関連の 対 外 発 表・特許	4 件	10 件			○		対外発表、特許取得
③	企業技術支援活 動	2 件	3 件			○		国プロ共同推進、共同研究

1) 従来技術・先行技術と比較した新規性、優位性

従来の CAE (Computer Aided Engineering) と総称されるシミュレーション技術は、構造体・流体・材料が独立して解析されてきた。そのため、構造力学・流体力学・化学的劣化が複雑にからむ現象、たとえば潮流発電・化学プラント・触媒・リチウム電池といった事象は、高精度シミュレーションすることが困難であった。マルチスケールシミュレーション技術は、こういった複雑系の高度なシミュレーションを可能とするものである。

材料シミュレーションに関しては、すでに学術論文・競争的資金獲得等のエビデンスを有している。ミクロなシミュレーションで培った技術とマクロ系を扱う CAE 技術を連携して、マルチスケールシミュレーションを開発する。具体的なターゲットとして、膜透過プロセスに本技術を適用し、県内企業の水処理技術改善に貢献する。

2) 成果の普及

■研究成果の社会・経済への還元シナリオ

社会的還元：連成シミュレーション技術を開発することで、従来では予測が困難であった複雑現象（構造変形・流れ・熱伝導・化学反応が同時進行する対象）を解析することが可能となる。

経済的還元：マルチスケールシミュレーションの県内関連企業への普及支援を通じて、県内解析ニーズの確保・県外解析ニーズへの積極的進出に貢献する。また、関連ソフトウェア技術を商用化することにより、ビジネス展開を図る。

■研究成果による社会・経済への波及効果の見込み

県内企業数社にマルチスケールシミュレーション技術を導入促進し、県外からの解析受注件数を増やすことを狙う。

(研究開発の途中で見直した事項)

種類	自己評価	研究評価委員会
事前	(令和2年度) 評価結果 (総合評価段階: S) ・必要性 S 長崎県では、海洋関連工学・再生可能エネルギー分野の発展が推進されており、シミュレーション構造解析・流体解析は重要な役割を果たす。シミュレーション解析を受託ビジネスとする県内関連企業は、このような県内市場の確保に加えて、県外市場への積極的な発展を実現するため、従来の技術では解析困難な複雑事象を扱うことができる高度なシミュレーション技術を必要としている。日進月歩で進歩しているシミュレーション技術の競争力維持の観点からも必要性は高い。 ・効率性 S シミュレーション技術の3層(材料、構造、流体)に関して、産学官から各専門家が参加する。技術強化・県内企業支援の両面に対応できる研究開発チームを構築しており、効率的な取組が期待できる。 ・有効性 A 3層を統合した連成シミュレーション技術を開発・導入することで、他県が未だ追従できない複雑事象の解析を可能とする。講習会・セミナーを通じて、高度な連成シミュレーション技術の県内企業への普及を後押しすることで、技術競争力の向上が期待される。 ・総合評価 S 従来のシミュレーション技術では解析困難な複雑事象に対して、マルチスケールシミュレーション技術による解析を実現する。新たな解析ニーズの掘り起こしを通じて、県内解析企業の県内市場確保・県外市場獲得に貢献することが期待される。	(令和2年度) 評価結果 (総合評価段階: A) ・必要性 A 本研究の目的は膜分離プロセスの解明を目的としているが、非常に高度なシミュレーション技術である。シミュレーション構造解析、流体解析のニーズはエネルギー分野、海洋分野等で必要である。 ・効率性 A マルチスケールシミュレーション(マイクロ分子レベルからマクロ流体レベルを横断するシミュレーション)を活用して膜透過現象を解析し、膜分離プロセスの技術改善を行う。水処理関連技術の県内企業と連携して、マルチスケールシミュレーション知見を活用し、県内企業のシミュレーション技術全般の底上げを支援する。 ・有効性 A 水処理における膜分離のニーズは高く、その問題点解決に有益なシミュレーションといえる。またその技術が他の研究に応用できる可能性もあることから有効性は高いと判断できる。 ・総合評価 A 研究としては有益であり、様々な膜分離の問題解決に貢献できる可能性がある。材料、構造、流体の連成シミュレーションにより機能性膜透過シミュレーションが可能となり、開発した手法によりエネルギー分布、海洋分野にもシミュレーション適用が広まる。
	対応	対応 膜分離に関する基礎プロセス解明と並行して、水処理プラントの効率化・新商品開発に向けたアウトプットを意識しつつ、研究を推進する。

途 中	(年度) 評価結果 (総合評価段階:) ・ 必 要 性 ・ 効 率 性 ・ 有 効 性 ・ 総合評価	(年度) 評価結果 (総合評価段階:) ・ 必 要 性 ・ 効 率 性 ・ 有 効 性 ・ 総合評価
	対応	対応
事 後	(令和6年度) 評価結果 (総合評価段階: A) ・ 必 要 性 S 長崎県の地理的特性を生かした海洋関連・再生可能エネルギー産業において、水処理分野は有望な展開先の一つである。膜分離プロセスの先進シミュレーション技術を開発し、他県にない技術的強みを確立することへ繋げる。 ・ 効 率 性 A 長崎大学・東京大学等をはじめとする各学術機関と連携し、NINSスパコンも活用しつつ、先進シミュレーションに取り組んだ。論文・学会発表等の基礎的エビデンスを生み、高い学術レベルの研究成果につながった。 ・ 有 効 性 A 県内企業との国プロ共同研究(旧サポイン事業)や科研費研究など、産学官連携活動を積極的に推進した。技術研究会を通じてシミュレーション技術の普及に努め、県内外企業からの相談に応じて個別に共同研究を実施した。 ・ 総合評価 A 技術開発・普及の両面で、当初の目標をおおむね達成した。データ駆動科学とシミュレーション技術の融合に向けた基盤づくりにも着手した。今後は、本研究で構築した産学官連携を通じて、県内企業の商品化・売上高増に直結する成果に結びつける。また、新たな解析ニーズの掘り起こしを通じて、県内シミュレーション解析企業の県内市場確保・県外市場獲得に貢献する。	(令和6年度) 評価結果 (総合評価段階: S) ・ 必 要 性 S シミュレーションが膜分離の実際の作動、特に逆洗浄を助ける取っ掛かりとして重要であり、それを予測できる結果が得られたことは十分貴重な成果であり、高い必要性を感じる。長崎県の1つの得意分野として、他県にない強みを持ち、発展につなげることは強い産業が生まれるものと思われる。 ・ 効 率 性 S 研究体制が良く、非常に難しい研究を様々な方と連携して、効率的に実施されている。逆洗浄を助ける予測が、十分に検証・実証される結果が得られると、更に良いと思われる。 ・ 有 効 性 A 今後の検証・実証試験が重要であり、実証結果のもと、予測技術が十分に確立できれば、かなりの有効性があると思われる。また他の研究への応用が可能であり、適用分野が他にないかを考える必要がある。 ・ 総合評価 S 県内企業の事業発展に直結できる研究であり、更なる新規性を模索している素晴らしい研究である。他分野への適用や今後の発展のためにも、複数人で連携した研究体制を検討していただきたい。
	対応	対応 データ駆動技術を化学分野に取り入れ、長崎県の特性である水処理・海洋化学工業の技術革新・研究開発力強化へ貢献していく。