

2. 内航カーボンニュートラルの実現に向けた新技術の安全評価手法の 構築(フェーズ2) 成果報告

2.4 連結モジュールの活用方策について

2026年3月12日

株式会社 NX総合研究所



目次

1. 関連情報の整理

(1) 統計調査による物流量の整理

①内航船舶輸送統計調査

②バルク貨物流動調査

③ユニットロード調査

(2) 統計調査による輸送量の補完調査

(3) 連結モジュールのニーズの把握

①ヒアリングによる連結モジュール活用の可能性

②輸送量やヒアリングによるニーズを踏まえた連結モジュール活用の品目の整理

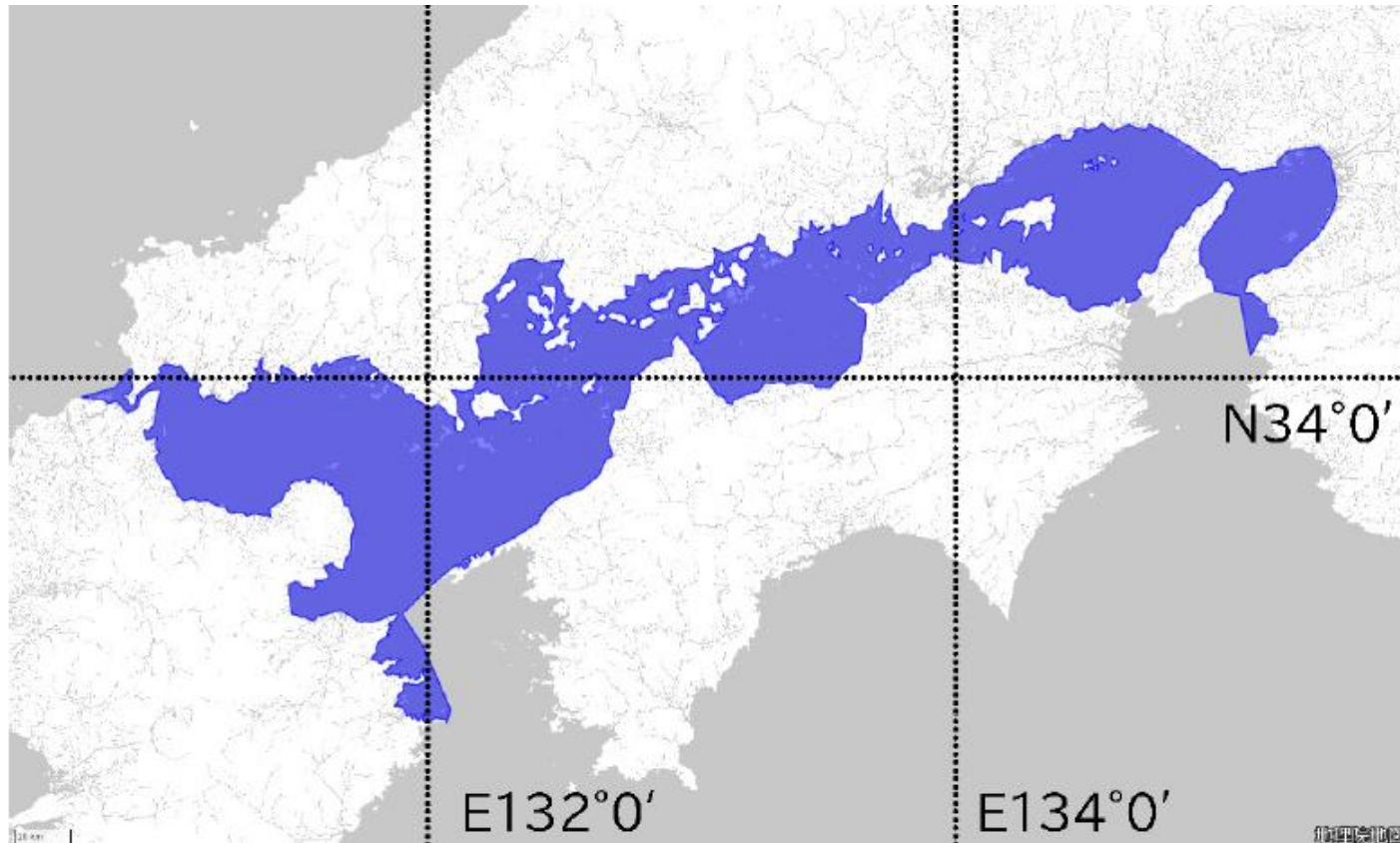
2. 活用提言案



0. 連結モジュールの活用方策検討の概要

- ◎ 連結モジュールの運航海域として想定する瀬戸内海（瀬戸内海に接続する平水区域を含む。）の各港間（例えば、神戸港・北九州港間）とし、各港湾間の輸送量を品目別に把握
- ◎ 輸送量の多い品目を対象に、関係者からヒアリング調査による情報収集を行いながら、対象となる『品目』『地域間流動量の多い輸送区間』を抽出して、具体的な運行モデル案を提示

図 物流量を把握する海域



1. 関係情報の整理

(1) 統計調査による物流量の整理

- ◎ 3つの統計調査①内航船舶輸送統計調査、②バルク貨物流動調査、③ユニットロード調査をもとに整理
- ・それぞれの調査結果の概要等は下記のとおり。

①内航船舶輸送統計調査

表 輸送量の多い10品目 (単位：1,000M/T)

	輸送トン	輸送トンキロ	平均輸送距離 (km)	輸送トンの構成比 ([X]に対する割合)
石灰石	32,711	12,864,336	393	10.9%
鉄鋼	32,447	16,218,733	500	10.8%
揮発油	31,043	15,198,309	490	10.3%
その他の製造工業品	28,604	21,003,616	734	9.5%
セメント	27,796	15,170,603	546	9.2%
原油	20,556	14,431,113	702	6.8%
化学薬品	16,722	6,794,651	406	5.5%
重油	15,589	7,723,622	495	5.2%
石炭	14,729	1,716,928	117	4.9%
砂利・砂・石材	14,383	5,132,975	357	4.8%
上位10品目合計	234,580	116,254,886	496	77.8%
全品目合計[X]	301,334	152,757,397	507	100.0%

1. 関係情報の整理

(1) 統計調査による物流量の整理

①内航船舶輸送統計調査

表 「プッシャーバージ・台船」の輸送量の多い品目（年間輸送量10万トン以上）（単位：1,000M／T）

	輸送トン	輸送トンキロ	平均輸送距離 (km)	輸送トンの構成比 ([Y]に対する割合)
石灰石	5,282	1,005,435	190	35.4%
鉄鋼	3,439	610,717	178	23.0%
石炭	2,681	222,496	83	18.0%
砂利・砂・石材	1,544	389,912	253	10.3%
輸送用機械部品	744	38,615	52	5.0%
セメント	563	155,866	277	3.8%
その他の製造工業品	227	92,828	409	1.5%
上位7品目合計	14,480	2,515,869	174	97.0%
プッシャーバージ・台船の合計[Y]	14,927	2,711,351	182	100.0%

1. 関係情報の整理

(1) 統計調査による物流量の整理

①内航船舶輸送統計調査

◎地域間流動量の整理とまとめ

・品目別に地域間流動量が多い出荷地域

(輸送量の多い上位10品目の中から、品目別の地域間流動量が示されている品目について、地域間流動量をもとに、『連結ページ』の対象となりそうな比較的輸送ロットが小さい「プッシャーバージ・台船」と「小型鋼船（20総トン以上500総トン未満の鋼製船舶）」の合計の輸送量を試算値として算出)

➤石灰石：山口

➤鉄鋼：すべての出荷地域で多い

➤揮発油：多い出荷地域なし

➤セメント：多い出荷地域なし

➤化学薬品：北九州を除く地域で多い

➤重油：多い出荷地域なし

➤石炭：山口

➤砂利・砂・石材：阪神、北九州

※(地域間流動量は、船舶のすべての船種区分の合計輸送量で示されているので、試算値として、「プッシャーバージ・台船」と「小型鋼船」の輸送量の合計の構成割合をすべての区間に乗じて算出。また、主な品目として、17品目の地域間流動量が示されているが、「その他の製造工業品（ゴム皮革製品、木製品、プラスチック製品等）」、「原油」、「輸送用機械部品」の3品目は、その他に合計して集計されているため、この3品目を除いて示した。)

表 地域間流動量【鉄鋼】

鉄鋼（単位：1,000M/T、10万トン超を橙色で網掛け）

◇品目別の地域間流動量

発地 \ 着地	合計	阪神	山陽	山口	北四国	北九州
合計	32,447	-	-	-	-	-
阪神	-	2,268	394	103	581	565
山陽	-	1,361	384	199	648	525
山口	-	404	25	3	11	409
北四国	-	276	36	9	155	80
北九州	-	499	126	297	51	3

◇「プッシャーバージ・台船」と「小型鋼船」の輸送量の試算値（鉄鋼の合計輸送量の82.3%）

発地 \ 着地	合計	阪神	山陽	山口	北四国	北九州
合計	26,698	-	-	-	-	-
阪神	-	1,866	324	85	478	465
山陽	-	1,120	316	164	533	432
山口	-	332	21	2	9	337
北四国	-	227	30	7	128	66
北九州	-	411	104	244	42	2

1. 関係情報の整理

(1) 統計調査による物流量の整理

②バルク貨物流動調査

・内航船舶輸送統計では、具体的な港湾名まで抽出できないので、限られた品目となるが、バルク貨物流動調査によって、品目別の港湾間流動量を整理した。(バルク貨物流動調査対象品目で、内航船舶輸送統計の輸送量が多い品目として、石灰石、鉄鋼、揮発油、セメント、化学薬品、重油、石炭、砂利・砂・石材、を整理)

・この物流量を、具体的な品目と航路の検討の参考とした。

・『セメント』の一部を右記に例示

(バルク貨物流動調査は特定の1か月間(11月)を対象とした調査となっているため、定常的な輸送需要によらない場合も推測される。そこで、令和元年(R1:2019年)の調査結果を合わせて確認し、どちらかに輸送実績がある輸送区間をすべて抽出して示した)

表 バルク貨物流動調査の港湾間流動量

品目名	船積港	船積港湾名	船卸港	船卸港湾名	貨物量R6 (トン)	貨物量R1 (トン)
セメント	大阪府	堺泉北港	兵庫県	神戸港		255
セメント	兵庫県	神戸港	兵庫県	赤穂港	1,804	
セメント	兵庫県	赤穂港	岡山県	宇野港	4,000	3,000
セメント	兵庫県	赤穂港	広島県	広島港	2,934	400
セメント	兵庫県	赤穂港	広島県	大竹港	1,306	1,900
セメント	兵庫県	赤穂港	香川県	丸亀港	3,845	4,300
セメント	兵庫県	赤穂港	香川県	詫間港		1,627
セメント	兵庫県	赤穂港	大阪府	堺泉北港	8,259	35,826
セメント	兵庫県	赤穂港	大阪府	大阪港	44,396	47,550
セメント	兵庫県	赤穂港	大分県	大分港	600	
セメント	兵庫県	赤穂港	福岡県	北九州港	602	
セメント	兵庫県	赤穂港	兵庫県	神戸港	5,523	8,500
セメント	兵庫県	赤穂港	兵庫県	姫路港	5,441	6,300
セメント	兵庫県	赤穂港	兵庫県	福良港		1,316
セメント	...					

1. 関係情報の整理

(1) 統計調査による物流量の整理

③ユニットロード調査

- ・内航船舶輸送統計の『**その他の製造工業品**』は、すべての船種の合計輸送量で4番目に多いが、そのほとんどが、統計の数値上、コンテナで運ばれている推測できる。
- ・そこで、コンテナの地域間流動≒『その他の製造工業品』の地域間流動量になることから、ユニットロード調査によりコンテナの流動を把握した。特に、阪神地域（神戸港）が発着となる輸送量が多いことが確認できた。

表 内航船舶輸送統計によるコンテナの地域間流動量（単位：1,000M/T、10万トン超を橙色で網掛け）

発地 \ 着地	合計	阪神	山陽	山口	北四国	北九州
合計	29,545	-	-	-	-	-
阪神	-	367	1,027	210	354	588
山陽	-	955	0	1	1	0
山口	-	204	8	-	-	-
北四国	-	390	4	-	-	-
北九州	-	561	68	21	-	0

表 内航コンテナ船の港湾間輸送量：一部抜粋（令和4年度ユニットロード貨物流動調査、単位：トン）

発港湾 \ 着港湾	大阪港	堺泉北港	神戸港	姫路港	水島港	福山港	広島港	大竹港	徳山下松港	岩国港
大阪港	0	0	74	0	0	0	378	0	0	0
堺泉北港	0	0	47	0	0	0	0	0	0	0
神戸港	1,081	0	0	7,112	8,762	1,984	9,804	308	3,700	159
姫路港	0	0	1,856	0	0	0	0	951	0	0
和歌山下津港	0	0	233	0	0	0	0	0	0	0
水島港	3,360	0	7,086	0	0	0	0	0	0	0
福山港	0	0	269	0	0	0	0	0	0	0
広島港	350	0	18,738	0	0	0	0	0	0	0
大竹港	0	0	4,739	0	0	0	0	0	0	0

1. 関係情報の整理

(2) 統計調査による物流量の補完調査

◎ヒアリングとデスクトップ調査により品目の特徴を整理

- ・統計調査で得られた輸送量が多い品目について、現在の輸送方法を整理し、連結モジュールでの輸送の可能性などについて整理。
- ・なお、輸送量が多い品目として抽出した10品目+「輸送用機械部品」について、輸送方法が類似していると考えられる品目をまとめて、下記の品目分類によって整理。
- ・その他の製造工業品は、輸送量28,604千トンのうち、27,491千トンがコンテナで輸送されていると推測されることから、コンテナ輸送の実態として整理。

◎補完調査のまとめ

- ・鉄鋼、コンテナ、セメントは比較的可能性が高い。なお、セメントは荷役の専用設備が課題。
- ・危険物・液体（揮発油・原油・重油・化学薬品）は安全基準・専用構造によるコスト増が大きく、初期対象としては難しく、可能性は低いと考える。
- ・その他の製造工業品は、輸送量28,604千トンのうち、27,491千トンがコンテナで輸送されていると推測されることから、コンテナ輸送の実態として整理。

※次ページ以降に、品目別の整理を記載。黒字太文字は船舶運航事業者を中心としたヒアリングによって得られた内容を示し、通常の黒字はデスクトップ調査によって収集した内容を示した。



1. 関係情報の整理

(2) 統計調査による物流量の補完調査


◎品目別の整理

品目分類	主な輸送方法	現在バージ利用の有無	連結モジュール利用の可能性 (◎：可能性が高いもの、○：可能性はあるが課題があるもの、△：可能性低いもの)
石灰石	<ul style="list-style-type: none"> ・バラ積み貨物船（バルクキャリア）を使用 ・船積は、ベルトコンベヤ、クレーン等を用いて船倉に直接投入。荷揚げは、グラブバケットやベルトコンベヤなどでストックヤードなどに搬送 ・荷役装置が船舶に装備されている場合とない場合がある 	利用実績有り	○可能性あり 【課題】船に荷役装置が装備されていることが多く、連結モジュールに船積・船卸の装置を装備することは難しいことから、船積・船卸港で荷役設備を装備する必要が生じる。
鉄鋼・輸送機械用部品	<ul style="list-style-type: none"> ・主に在来型貨物船や専用船を使用 ・鋼材の形状（コイル、板材、形鋼、パイプ等）に応じて積載方法が異なる ・荷役作業はガントリークレーンやフォークリフト、専用吊具（スプレッド等）を利用して実施 ・299船で700～900トン積載。比較的小さな299船は、固定の輸送ルートで使用（港の大きさなどに依存）。1500トン級の鋼材船などでは、1隻で2～3港で揚げる貨物を積み、1日ごとに各港へ揚げるような運航を実施 	利用実績有り	◎可能性あり ・例えば、鉄鋼約1500トン ³ を3つに分け、500tずつ揚げる。瀬戸内ではその他に299船が多く、積載トン数が約900tの299船を半分にして輸送することも考えられる。

1. 関係情報の整理

(2) 統計調査による物流量の補完調査

◎品目別の整理

品目分類	主な輸送方法	現在バージ利用の有無	連結モジュール利用の可能性 (◎：可能性が高いもの、 ○：可能性はあるが課題があるもの、 △：可能性低いもの)
揮発油・原油・重油	<ul style="list-style-type: none"> ・タンカーを使用。複数のタンクを持ち、異なる種類の石油類を分けて輸送可能 ・過去の海洋汚染事故を受けて、厳格な安全基準が設けられており、新しい船は二重船体構造となっている ・船積・荷揚げは、専用パイプラインで接続してポンプで移送する 	利用実績なし	<p>△可能性低い</p> <ul style="list-style-type: none"> ・厳格な安全基準を満たしたバージを製造するためコスト増となり、初期の開発対象としてはリスクが大きい。 ・まずは、危険物・液体ではなく、汎用的に活用できるドライカーゴを対象としたほうが良いと考えられる。
その他の製造工業品 (コンテナ)	<ul style="list-style-type: none"> ・内航船舶輸送統計から、多くがコンテナで輸送されていると推定 ・コンテナ船やRORO船で輸送 ・コンテナはコンテナ船のオンデッキに積載 	<p>利用実績あり（下記、横浜市HPより引用）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GREENDASH（プッシャーボート）とCFT（コンテナバージ） 	◎可能性あり

1. 関係情報の整理

(2) 統計調査による物流量の補完調査

◎品目別の整理

品目分類	主な輸送方法	現在バージ利用の有無	連結モジュール利用の可能性 (◎：可能性が高いもの、 ○：可能性はあるが課題があるもの、 △：可能性低いもの)
セメント	<ul style="list-style-type: none"> セメント製品をばら積みするセメント専用船を使用。船内には専用のサイロやホールドがある セメントは湿気に弱いため、防湿対策が必須で、港湾側の荷役や保管に専用設備が必要となる（空気圧送方式で船積・荷揚げを実施等） 	利用実績有り	○可能性あり 【課題】セメント専用のホールドや、圧送方式の荷役設備が必要になると考えられる。
化学薬品	<ul style="list-style-type: none"> ケミカルタンカーを使用。積載する化学薬品の性質（腐食性、毒性など）に応じて、ステンレス製タンクや特殊コーティングタンク（エポキシ、フッ素樹脂等）を使用。 単一貨物専用船と、多品種を同時輸送できる多区画型船がある 揮発油と同様に、船積・荷揚げは、専用パイプラインで接続してポンプで移送する 	利用実績なし	△可能性低い <ul style="list-style-type: none"> 安全性を確保した専用のバージを製造する必要があるため、コスト増となり、初期の開発対象としてはリスクが大きい。 まずは、危険物・液体ではなく、汎用的に活用できるドライカーゴを対象としたほうが良いと考えられる。

1. 関係情報の整理

(2) 統計調査による物流量の補完調査

◎品目別の整理

品目分類	主な輸送方法	現在バージ利用の有無	連結モジュール利用の可能性 (◎：可能性が高いもの、 ○：可能性はあるが課題があるもの、 △：可能性低いもの)
石炭	<ul style="list-style-type: none"> ・バルクキャリア（石炭専用船または汎用ばら積み船）を使用 ・船積は積み出し設備（ベルトコンベヤ、シュート、連続式ローダー）を用いて船倉に直接投入。荷揚はガントリークレーン、グラブバケット等を使用 ・石炭を運ぶ船は船倉が汚れるため、他のものと混載できない。 ・「黒もの」「白もの（農産物など）」と呼んで分類し、「黒もの」は専用になりやすい。 	利用実績有り	○可能性あり 【課題】汚れへの対応が必要となる。
砂利・砂・石材	<ul style="list-style-type: none"> ・荷役装置がついたガット船で輸送 ・採砂運搬用（グラブ浚渫機および採砂用水中ポンプを装備し海底より砂を採取し、自船の船倉に積込み、運搬、陸揚げを行う船舶）、石材運搬用（グラブ付旋回起重機を装備して石材を自船の船倉に積込み、運搬、陸揚げ、あるいは現場での据付けを行う船舶）に分類される※ <p>※一般社団法人日本作業船協会HPより引用</p>	利用実績有り	○可能性あり 【課題】ガット船を利用するなど、船に荷役装置が装備されていることが多く、連結モジュールに船積・船卸の装置を装備することは難しいことから、船積・船卸港で荷役設備を装備する必要が生じる。



1. 関係情報の整理

(3) 連結モジュールのニーズの把握

①ヒアリングによる連結モジュール活用の可能性

- ・オペレータ、船主、荷主を中心にヒアリング調査等により、想定される連結モジュールの使い方（ニーズ）を把握

表 ヒアリング結果を踏まえた連結モジュール活用の可能性

品目等の分類	今後の可能性	想定される課題
全品目共通	<ul style="list-style-type: none"> ・エンジンの部分を抜きにしたバージは、維持費や管理を減らし、船員を雇わなくて済むことからメリットがある。 ・内航船では中に入れない港（水深が浅い場所や、高さが低い場所等）などが挙げられる。バージだとプロペラを有していないので水深が浅い場所でも、プッシングで岸壁につけることができる。 ・瀬戸内は水深が浅く、入港に制限があるため、小型船やバージは重宝する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・港湾内の港湾運送（はしけ）との区別が必要。
セメント	<ul style="list-style-type: none"> ・倉庫代わりとしてバージを活用できるとメリットがある。 ・例えば、セメント船のようにタンクを備えることで、陸上にあるサイロの代わりとして使い、海上から陸上のローリーへ直接積み替える運用などが考えられる。そうすると陸上のサイロがいらなくなり、積替えの手間も1回減らすことができる。（バージの上には、タンクのような設備を取り付けられるような汎用性があるとよい。） ・海上工事物件では、コンクリートミキサー船やプラント船などの作業船が用いられる。当社もそれらの作業船に対し砂やセメントなどの原料を納入することがあるが、湾内に入るときに、工事作業船の間を縫って入るような小型船が必要になる。そのような小型船の代わりとして、特にスラスターで前後左右に動くバージというのは非常に重宝される。海上工事物件は、小型船舶が不足し、なかなか工事も進まないという話を聞いており、需要はあるはず。海上の公共事業が続く限り、需要もなくなるらない。 ・セメント船の荷役は乗組員が行っており、拘束時間も長くなっている。バージを切り離して卸すことで、例えば陸上の作業員が時間のあるときにバージに行き、船内の装置を動かし、荷役を行う。乗組員は航海だけに専念する。そのような役割を明確にするきっかけにもなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・動力源のないバージが台風でロープが切れて瀬戸内海に流されてしまったことがある。動力がないバージが増えるとこのようなリスクが高まるので、管理する仕組みが必要になる。
コンテナ	<ul style="list-style-type: none"> ・コンテナ輸送を実施している事業者の中には、499のコンテナ船を造船している状況があり、小型の船舶に「よる輸送需要はあると考えられる。陸上で荷役できる施設があれば、小さい船舶（バージ）をコンテナ輸送に活用もできる。 ・コンテナは、オンデッキに積載可能 	

1. 関係情報の整理

(3) 連結モジュールのニーズの把握

②輸送量やヒアリングによるニーズを踏まえた連結ページ活用の品目の整理

- ・事業化に向けて、下記の5つの視点に着目して、対象品目・輸送形態を評価した。(ポイント化によるポイントの合計で評価)
 - ◇輸送量の多さ(上位1~3位:2、上位4~7位:1、上位8~:0)
 - ◇品目の輸送に係る特性(9~12ページの表において、◎可能性あり:2、○可能性あり:1、可能性低い:0)
 - ◇汎用性の高さ(荷役方法や設備が標準化されているもの:1、されていないもの:0)
 - ◇ヒアリングによるニーズ・可能性へのコメント(13ページの表で挙げられた品目)(あり:2、なし:0、ニーズ有りは重要な評価となるので2ポイントに設定)
 - ◇特種な船倉などが必要となることによるコスト増(あり:-1、なし:0)

表 ヒアリング結果を踏まえた連結モジュール活用の可能性

品目	輸送量	品目の輸送に係る特性	汎用性	ヒアリングによるニーズ	コスト(初期投資等)	合計ポイント
石灰石	2	1	0	0	0	3
鉄鋼	2	2	0	0	0	4
揮発油	2	0	0	0	-1	1
その他の製造工業品(コンテナ)	1	2	1(※1)	2	0	6
セメント	1	1	0	2	0	4
原油	1	0	0	0	-1	0
化学薬品	0	0	0	0	-1	-1
重油	0	0	0	0	-1	-1
石炭	0	1	0	0	0	1
砂利・砂・石材	0	1	0	0	0	1
輸送用機械部品	0	2(※2)	0	0	0	2

※1:コンテナはすでにある荷役機器ですべての品目に対応可能なので、1ポイント付与

※2:鉄鋼に類似する評価を適用



2. 活用提言案

【『1. 関係情報の整理』の結果を踏まえた活用提言】

- **品目別に輸送量と品目ごとの特徴を踏まえた結果、連結モジュールの活用は、品目を下記の中で優先して検討することが良いのではないかと考える**
 - ・初期導入は“汎用性”が高い、特に ①コンテナを優先し、②セメント、③鉄鋼の順で検討していく

【2つの品目で活用モデルを簡便に労働時間だけで算出した結果の例】

- ・既存船との比較（航行速度、荷役時間、往復所要時間、人員、人時など）を試算。
- ・詳細な条件が詰め切れていないので、今後の検討が必要となるが、同じ輸送量で簡便なモデルで試算すると、労働時間は削減できる可能性が高いことが確認できる。

◎コンテナ：神戸港⇔広島港モデル

➔同等輸送量条件で人時29%削減（785→560人時）の可能性

◎セメント：徳山下松港⇔姫路港モデル

➔同等輸送量条件で人時19%削減（350→284人時）の可能性

※いずれも港での遠隔操作要員が必要であることや、船舶の費用などを算出したコスト比較（船価・運航費・設備費）は検討できていないので、参考値として例示した

2. 活用提言案の作成

● これからの検討に向けた課題（ヒアリングなどで得られた意見等を整理）

分類	課題
制度	・港湾内の「港湾運送（はしけ）」との区別が必要（位置づけ・運用整理）
港湾設備	【セメント】防湿・サイロ相当の貯蔵、空気圧送等の 専用荷役設備が必要 になり得る 【コンテナ】 陸上で荷役できる施設（コンテナ荷役インフラ） が前提
安全（漂流・係留）	・動力のないバージが台風等で係留索切断→漂流した事例があり、連結モジュール（バージ）増加でリスク増大 ➡管理する仕組みが必要
運航（人員・遠隔）	・船員削減メリットの一方、 荷役と航海の役割分担 （例：荷役を陸上側が実施）を前提にした運用設計が必要 ・モデル案では、船員以外に 各港でのバージ遠隔操作人員（各港1名） が必要