株式会社名村造船所

鋼板有効活用における平鋼部材生成システムの構築

坂口　秀徳*　　常盤　淳一*
Sakaguchi Hidenori　　Tokiwa Junichi

当社建造船は鋼船であるため，鋼を主材料に各構造にあった形の部材として切り出し，それらを組合せることで巨大な船を形成している．部材数は非常に多く 10 万点を超える船もあり，これらの部材を鋼板と呼ばれる四角形で板状の素材と，形鋼と呼ばれる棒状の素材から切り出していく．部材には大小様々な形状が存在し，これらをパズルのように組み合わせて素材の中に配置することで部材間の隙間を減らし，材料の使用率を高める工夫を施している．

この材料の使用率を更に向上するべく，隙間の活用方法を模索する中で，形鋼の一種で断面形状が長方形の平鋼と呼ばれる素材を，鋼板の隙間に必要な量だけ配置するという，素材の垣根を越えた仕組みを考案し，本システムを構築するに至った．

1．緒言

鋼材を無駄なく使い切ることは，建造コストを削減するための重要な課題の一つである．仮に船体質量１万トンの船を建造するために２万トンの材料を使用すれば材料の半分をスクラップしたことになる．これは極端な例だが，使用できずにスクラップにする部分は少ないほど材料の使用効率が良く，コストを下げることに繋がる．

スクラップが発生する原因は２つに大別できる．切断する際に必要な切代部分と，部材形状によるロスである．前者は切断機の制約により発生することから，全ての部材に必ず生じるので対策が講じきれない（第１図）．一方後者は部材形状が四角形でないことにより生じる空所，複数部材を組合せても四角形にならず部材同士が平行を保てずに生じる空所，更に部材の中に配置された様々な開口から生じる空所である（第２図）．

従来から空所部分を埋める方法として第３図のように小さな部材を敷き詰めていく手法がある．この方法により空所が有効に活用できている状況がある反面，小部材がないと空所を埋めることができずにスクラップ部分が発生してしまう状況もある．ここで更に空所の使用率を上げる方法として，鋼板から切り出すことが可能な平鋼部材を鋼板部材として利用し，隙間へ配置する手法もある．しかし，この平鋼部材は切断情報作成前の段階から鋼板配置用部材として指定しておく必要がある．部材の切断期間は数ヶ月に及ぶこともあり，それぞれの部材切断の時期も組立時期に合わせて細分化される仕組みとなっており，その時々で空所になる面積を予測して最適数の部材を鋼板用に指定することは困難であり，空所を適正に埋めることができない状況も存在した．

従来のスクラップ量削減手法を見直した中で，平鋼部材の空所配置については最適化が図りきれておらず，改善の余地が多分にあると考えた．

2．鋼材の使用状況分析

現状の鋼材使用状況を把握するために，2018 年の鋼材使用比率(質量比)を素材別で分析した．分析するにあたり，素材を「鋼板」，「一般材平鋼」，「平鋼」，「その他の形鋼」の４つに分類した．ここで一般材平鋼を，当社建造船で一般的に使用する断面寸法（幅 250㎜ 以下，板厚 16㎜ 以下)に絞り ，部材長さが 1m 以下，鋼の強さを表

原稿受理日：July 31, 2019
*株式会社名村造船所　船舶海洋事業部　設計本部　船殻設計部　船殻生産設計課

す規格が軟鋼相当と定義する．結果として，鋼板が 86%，一般材平鋼が 1%，平鋼が 4%，平鋼以外の形鋼が 9%であった（第 4 図）．

一方，使用材料に対して船体部材が占める割合を示す歩留まり率(質量比)は，年間を通じておおよそ 90%～94%となっている．

分析の結果，鋼材の 6～10%が空所として処理される一方，平鋼素材の使用率が鋼材全体の中で 5%を占めている．

3．スクラップ発生過程

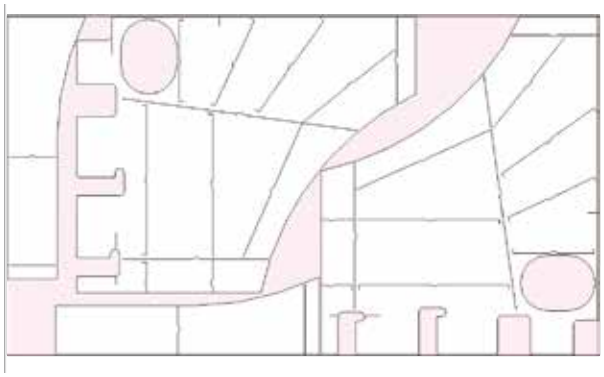
使用できずに余った空所部分の材料は，直ちにスクラップされる訳ではなく，建造時に必要な治具や吊・足場ピース，艤装品を製作するための材料などに利用していく．これらに利用できなかった部分がスクラップとして処理される．利用できなかった主な理由は以下となる．

1. 空白部の材料を埋める部材が適正に揃わない．
2. 材料の形状と部材のサイズが合わずに部材が切り出せない．
3. 材料の板厚や規格が各種用途と合わずに使用できない．

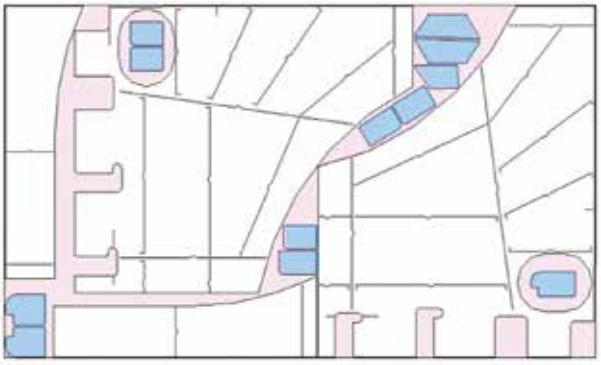
4．対策

材料の使用率を高めるには需要と供給のバランスを整えることが重要となってくる．配置する部材が足りずに空白部分が埋まらない状況があるなかで，平鋼部材が平鋼素材から切り出されている量に着目し，有効に活用できる方法を検討した．従来，予め設計図面作業段階で平鋼部材の適当量を選別後，鋼板部材として一品情報を生成していたが，量の予測が困難なことから，最終結果を見ると過不足が出てくる．このことから，必要な時期に必要な量の平鋼だけを鋼板の空所に配置することができれば，これまで以上に使用率を上げることが可能となっていく．さらに，この平鋼部材は幅が 50㎜ から存在し，これまで小さくて使用しきれていなかった空所部分の材料にも配置できそうであった．一方，現在，材料に切断部材を配置していくネスティングの仕組みは，鋼板と形鋼がそれぞれ独立したシステムとなっており，必要な量を双方向に受け渡しするには新たな仕組みのシステムを構築する必要が出てきた．

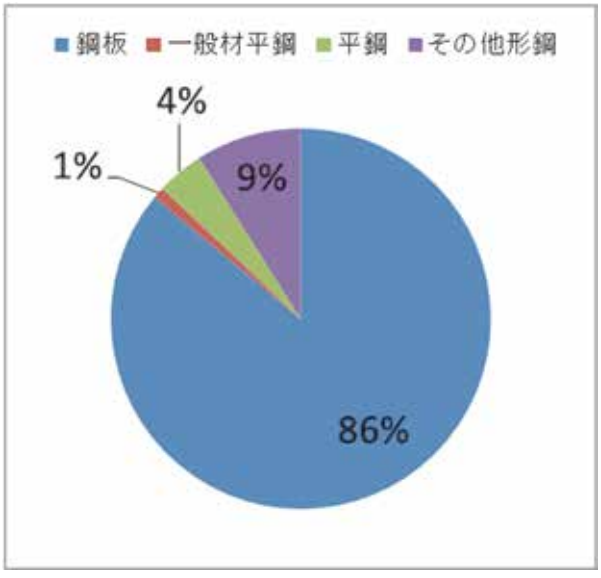
第 1 図　切断切代



第 2 図　部材間の空所



第 3 図　空所への小部材配置



第 4 図　素材別使用量（質量比）

5．システム構築

5．1　システム内の鋼板部材と平鋼部材

当社は，AVEVA MARINE を使用し船体の 3D モデルを構築している．モデル内のデータは，鋼板部材が Plate，平鋼部材が Profile と区別され保存される．

モデルデータから抽出した SpisHull システム内の部材データも同様に，鋼板部材が Plate，平鋼部材が Profile と区別され保存される．

次に部材を素材へ配置し，NC データを生成する Cadwin Nesting システムは，鋼板部材と形鋼部材はデータベースが分かれ，異なる環境のシステムで構成されている（第 5 図）．

5．2　鋼板部材と平鋼部材の融合

鋼板の空所に平鋼部材を配置するためには，SpisHull システムから形鋼ネスティングシステムへ登録された平鋼部材を，鋼板ネスティングシステムへ取り込む必要があった．

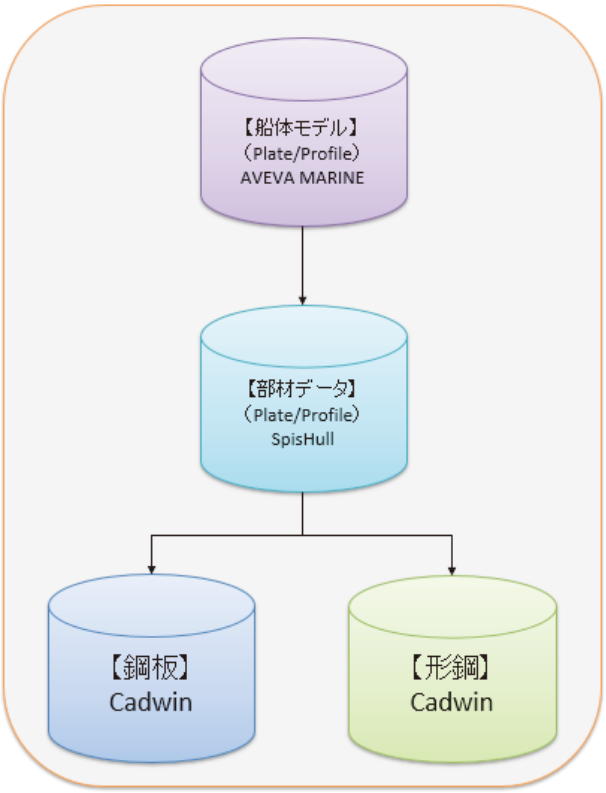
また，鋼板ネスティングシステムへ取り込まれた平鋼部材のうち，空所に配置することができなかった残数量の平鋼部材を，形鋼ネスティングシステムで再配置する必要があった．

すなわち，平鋼部材を鋼板素材と平鋼素材の両方で配置可能とする機能が求められた（第 6 図）．

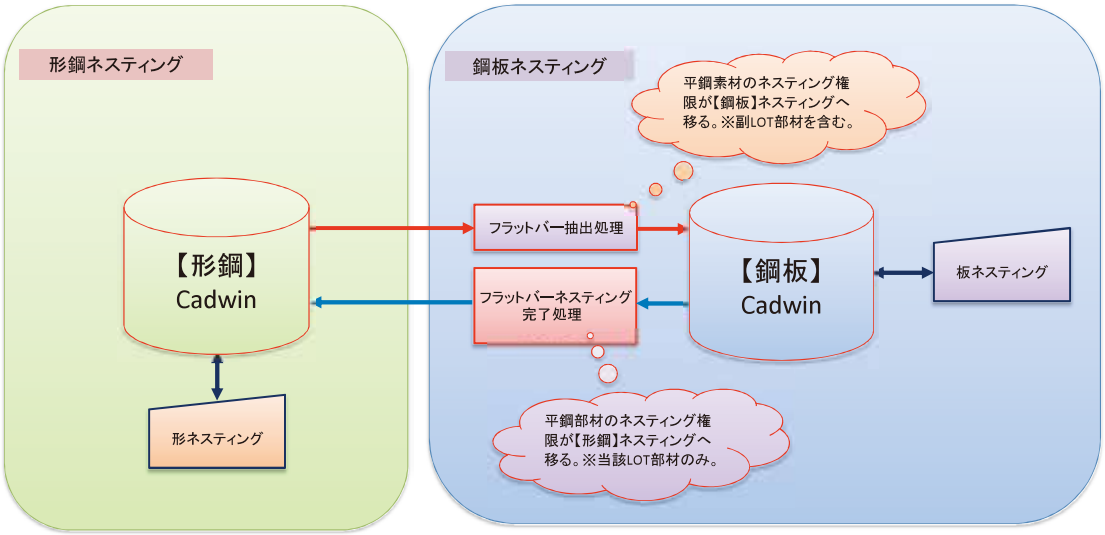
5．3　システム

システムを構築するにあたって求められる要件を，以下に示す．

- 鋼板ネスティングが可能な平鋼部材の条件は，担当者で指定可能とする．
- 鋼板ネスティングが可能な平鋼部材は，鋼板素材へ配置を優先する．
- 鋼板ネスティングが可能な平鋼部材であっても，形鋼ネスティングを可能とする．
- 部材配置数量の最終管理者は，形鋼ネスティング担当者とする．
- 鋼板ネスティングが可能な平鋼部材は，鋼板ネスティングと形鋼ネスティングの同時作業ができないように排他制御を行う．
- 鋼板ネスティングシステムへ取り込む単位は，組み立て工程に合わせて決定された切断日付（LOT）単位で行う．
- 船体構造で必要とする部材数量と配置数量をチェックする過不足チェック処理は，鋼板素材の配置数量と平鋼素材の配置数量の合算数量で行う．
- 鋼板素材と平鋼素材の両方にネスティングされた部材に対して，図面改正などによる変更が生じた場合は，鋼板ネスティングと形鋼ネスティングの両担当者へ変更内容を連絡する必要があるため，専用の帳票（第 7 図）を出力する．



第 5 図　システム内の鋼板部材と平鋼部材



第６図　鋼板部材と平鋼部材の融合

☆☆ FB部材の板形・ネスティング変更連絡表 ☆☆　　ページ：（　　）

SNO	BLOCK
440	B1L

一品担当者	一品処理日
名村 太郎	2019.04.16 15:39

板	NEST担当者	NEST処置日

形	NEST担当者	NEST処置日

No	部材名	LOT	SEQ		部材数(HS)						素材形状		サイズ(HS)		規格(HS)		全長(HS)		変更内容									ネスティング・作業状況						
																			板・形			形	板のみ									
			旧	新	旧			新			旧	新	旧	新	旧	新	旧	新	熱量変更	追加	削除	外形	全長変更	M面	ホール	材熱属性	線	文字	ネスティング	ロボット	外注先	NEST情報				
					P	C	S	P	C	S																						ロット	P	C	S	形:素材番号(板:一貫番号)
1	S1H-48	5-29		3	2	0	0	1	0	0		FB		150＊14		KA		789										○			5-24	1	0	0	B1Y16370

第７図　ネスティング変更連絡表サンプル

５．４　運用フロー

新たに構築するシステムを利用した場合の運用フローを，以下に示す（第８図）.

1) 形鋼ネスティングシステムに登録された平鋼部材に対して，鋼板ネスティング担当者が抽出処理（フラットバー抽出処理）を実行し，鋼板ネスティングシステムへ平鋼部材を取り込む．この時，形鋼ネスティングができないよう，排他制御が有効となる.

2) 鋼板素材に平鋼部材のネスティングを行う.

3) 鋼板素材の空所が無くなった場合，または全部材の配置が完了した後に，完了処理（フラットバーネスティング完了処理）を実行し，未配置の平鋼部材に対する排他制御を無効化する.

4) 形鋼ネスティングシステムで，未配置の平鋼部材を平鋼素材にネスティングする.

5) 形鋼ネスティング担当者で過不足チェック処理を行い，部材の配置漏れがないか確認を行う.

５．５　開発内容

1) フラットバー抽出処理（Cadwin Nesting）

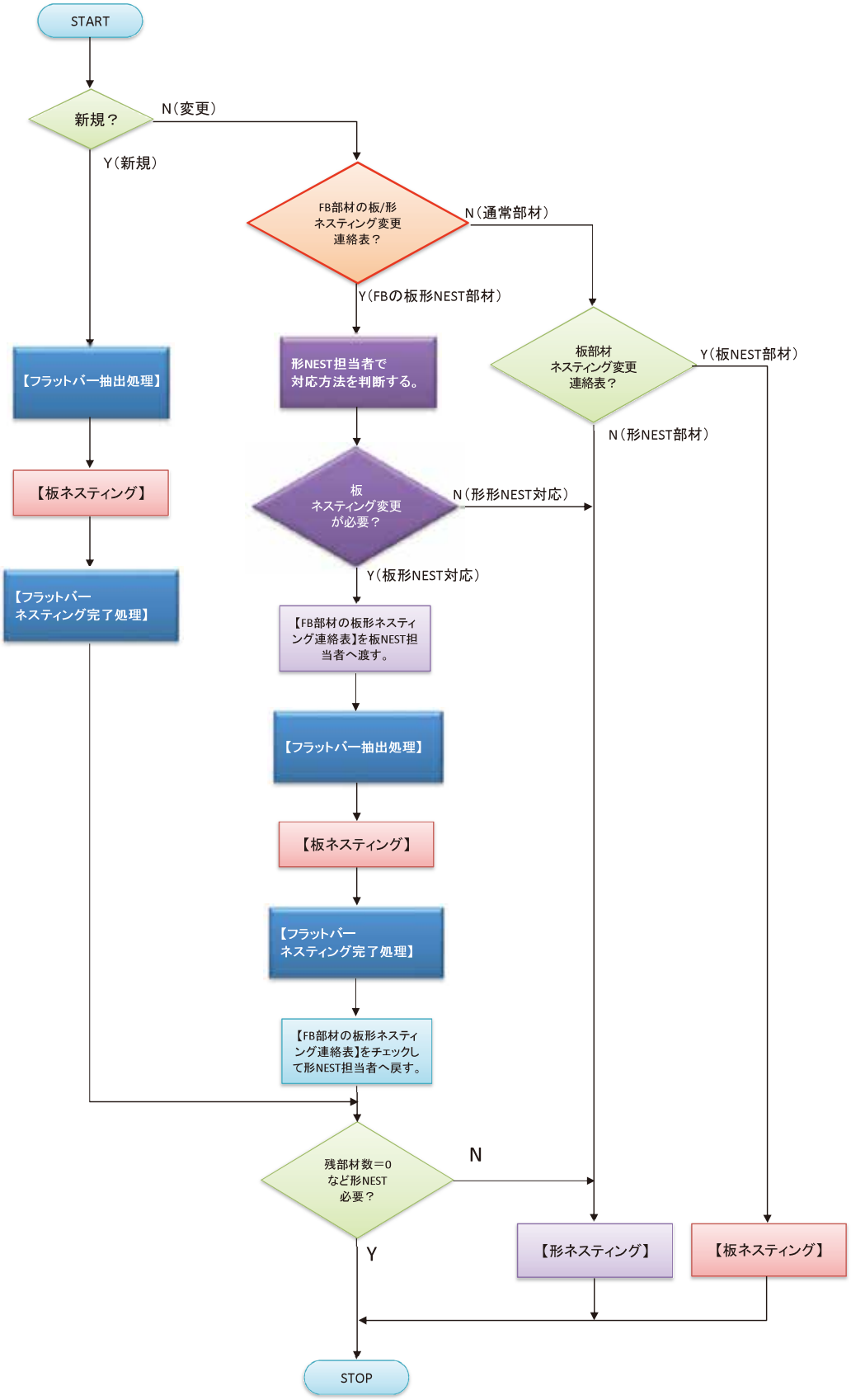
指定された切断日付（LOT）に該当する平鋼部材を，形鋼ネスティングシステムから鋼板ネスティングシステムへ取り込む.

2) フラットバーネスティング完了処理（Cadwin Nesting）

鋼板ネスティングされた配置数量を形鋼ネスティングシステムへ戻す.

3) ネスティング変更連絡表出力処理（SpisHull）

鋼板素材や平鋼素材にネスティングされている部材に変更が生じたときに出力される「ネスティング変更連絡票」において，既存の板部材用，形部材用に加え，新たに平鋼部材用を出力する.


START
新規？
N（変更）
Y（新規）
FB部材の板/形
ネスティング変更
連絡表？
N（通常部材）
Y（FBの板形NEST部材）
【フラットバー抽出処理】
形NEST担当者で
対応方法を判断する。
板部材
ネスティング変更
連絡表？
Y（板NEST部材）
N（形NEST部材）
【板ネスティング】
板
ネスティング変更
が必要？
N（形形NEST対応）
Y（板形NEST対応）
【フラットバー
ネスティング完了処理】
【FB部材の板形ネスティ
ング連絡表】を板NEST担
当者へ渡す。
【フラットバー抽出処理】
【板ネスティング】
【フラットバー
ネスティング完了処理】
【FB部材の板形ネスティ
ング連絡表】をチェックし
て形NEST担当者へ戻す。
残部材数＝0
など形NEST
必要？
N
Y
【形ネスティング】
【板ネスティング】
STOP

第8図　運用フロー

6．物量シミュレーション

全面運用を開始するにあたり，どれだけの平鋼部材を鋼板へネスティングできるのか，全体的な部材の物量が把握できていなかった．このため，設計作業では物量増による鋼板ネスティング作業の負荷増，加工現場ではNC切断と面取りグラインダ作業の負荷増が懸念された．これらのことから1ヶ月の期間を設け，設計で平鋼配置シミュレーションを実施し，物量を把握することとした．

シミュレーション結果を第9図に示す．全体で14%の切断物量増加となり，1日平均で226部材増加している．また，切断日別で平鋼部材数を見ると数量に大きな差が出ている．これは空所が発生する大物変形部材の切断時期と，空所へ配置できる小物部材，平鋼の各物量関係によるものであった．

7．試運用と検証

2週間の試運用期間を設け，実際にネスティングから切断までを検証した．この試運用では物量が多い船1隻を対象とし，実運用と同様の処理を行った（第10図）．1日の増加部材数平均は149部材で，シミュレーション結果に対して66%であった．作業負荷では設計及び現場で負荷は上がったものの，予定通りに工程を消化することができ，NC切断機でも問題無く切断を完了することができた（写真1）．また，空所の使用状況をみると，これまで使用できていなかった小さな空所の活用と（第11図），空白部が大きい部分にも部材が配置でき，空所の活用が期待以上にできていた（第12図）．なお，空所使用率を算出したところ11%歩留まり向上との結果がでた（第13図）．

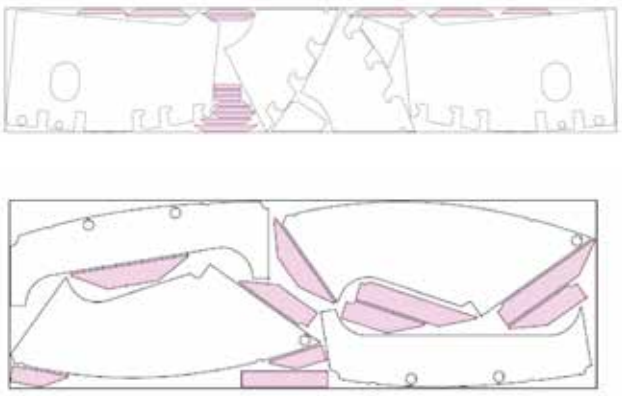
	鋼板ネスティング貼付け部材数			
切断日	板部材数（従来部材）	平鋼部材数（新運用部材）	部材数合計	部材増加率
6/3	1,504	500	2,004	133%
6/4	1,876	190	2,066	110%
6/5	2,111	446	2,557	121%
6/6	1,989	398	2,387	120%
6/7	1,393	47	1,440	103%
6/10	1,704	219	1,923	113%
6/11	1,791	248	2,039	114%
6/12	2,026	192	2,218	109%
6/13	2,318	236	2,554	110%
6/14	1,599	176	1,775	111%
6/17	2,632	279	2,911	111%
6/18	2,607	321	2,928	112%
6/19	2,234	228	2,462	110%
6/20	1,843	158	2,001	109%
6/21	1,709	74	1,783	104%
6/24	1,364	70	1,434	105%
6/25	1,416	196	1,612	114%
6/26	2,619	314	2,933	112%
6/27	2,055	180	2,235	109%
6/28	2,185	40	2,225	102%
合計	23,550	3,252	26,802	114%

第9図　切断日別部材数量のシミュレーション結果

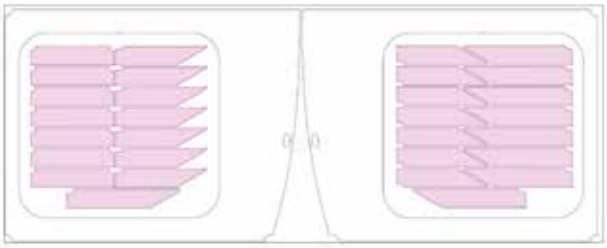
	鋼板ネスティング貼付け部材数			
切断日	板部材数（従来部材）	平鋼部材数（新運用部材）	部材数合計	部材増加率
5/20	225	12	237	105%
5/21	552	66	618	112%
5/22	506	0	506	100%
5/23	328	45	373	114%
5/24	200	118	318	159%
5/27	476	187	663	139%
5/28	887	344	1,231	139%
5/29	319	88	407	128%
5/30	349	82	431	123%
5/31	677	221	898	133%
6/3	604	628	1,232	204%
6/4	242	0	242	100%
合計	5,365	1,791	7,156	133%

第10図　試運用における切断日別部材数量

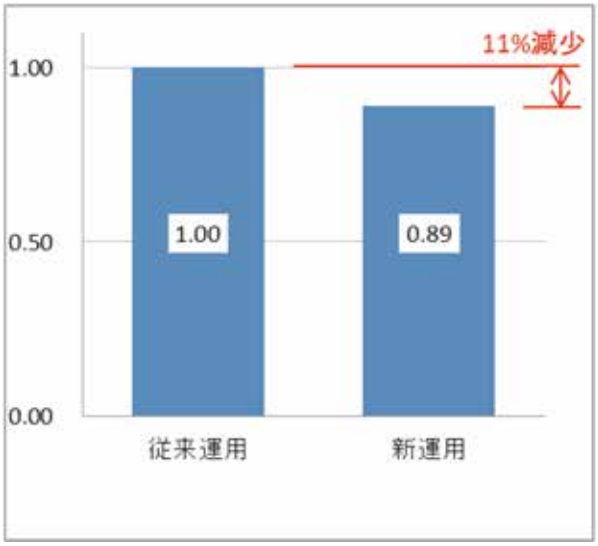
写真1　NC切断状況



第 11 図　狭い空所の使用図



第 12 図　大きな空所の使用図



第 13 図　空所量従来比

8．課題と対策

試運用において一定の効果が認められたが，一方でいくつかの課題が明らかになった．これまで鋼板部材と形鋼部材は，3D モデル作成時に区分けされており，事前に各々の切断物量を把握することができていた．これが本運用ではネスティング結果により板形それぞれの物量が変化することとなったため，3D モデルの区分け情報と切断物量の関係性が無くなってしまった．従って，3D モデル情報を利用せずに物量を把握できる仕組みが必要となる．

NC 切断された部材のグラインダによる面取り作業においては，現設備には部材長さに制約があり，1 日の処理部材数にも上限があるため，空所へ配置できる対象部材が制限される．これについては運用が進んでいくことで正確な物量の把握ができてくるので，実績を注視し，必要であれば作業物量増加に対応する仕組み作りを検討していくこととする．

平鋼素材の発注では，不足が起きないよう必要全量を発注しているが，本運用では鋼板空所に配置した分だけ素材が余剰となるため，この余剰となった平鋼素材を次月発注時に注文抑制するための仕組みが必要である．これにより鋼材の購入量を削減することができる．仕組みとしては，鋼板へ配置された平鋼部材のサイズ別総長さを月単位で算出し，注文抑制する素材本数を導き出す方法を検討している．試運用では 143 本の平鋼素材が削減できていた．

試運用に置いては，空所使用率が 11%向上したが，更に使用率を高める検討が必要である．現状では取扱いが比較的容易な一般材に絞っているが，その他の平鋼部材を対象に広げることも可能である．船型により使用されるサイズが異なるため管理が難しい側面もあるが適用範囲の見直しにおいても模索していく．

9．結言

今回の平鋼部材を形鋼以外の鋼板でも生成可能なシステムは，鋼板空所状況に応じた任意の物量操作で材料の有効活用ができるというフレキシブルな仕組みである．決められた枠組みの中でしか改善できない仕組みが多い中で特異なシステムであり，既成概念にとらわれることなく最大限の効果をもたらすひとつの方法であると考える．購入した材料を最後まで使い切ることが本システムの意義であるので今後の運用では有効に活用していく．

謝辞

本システムの検討と開発にお協力頂きました，名村情報システム株式会社殿，Cadwin System CO.，Ltd.殿，また，本文の執筆にご協力頂きました関係各位にこの場をお借りして深く御礼申し上げます.