

株式会社名村造船所

吊りピース NC 切断システムの開発

高橋 一成*

Takahashi Kazunari



加藤 亨一**

Katoh Ryouichi



田中 弘子***

Tanaka Hiroko



常盤 淳一*

Tokiwa Junichi



岸川 雅俊***

Kishikawa Masatoshi



船体ブロックの揚重に使用される吊りピースは、従来から当社の利材センターにおいて構内発生スクラップ材及び残材を使用して製作されているが、吊りピースの板厚によってはそれらの鋼材が確保できない為に、ロール材を購入して製作している。一方で、船殻部材の切断において一定量発生しているスクラップ材については、利材センターでの吊りピース切断業務で取り扱いできない形状や大きさのものは再利用ができず、廃却されている。この廃却されているスクラップ材に着目し、船殻部材のネスティングを終えた鋼板の中に残存するスクラップエリアに、さらに吊りピースをネスティングするシステムを開発した。これにより、形状等の問題により今まで使用することができていなかったスクラップ材を有効に利用することが可能となり、吊りピース切断向けロール材の購入量を削減することができた。

1. 緒言

船殻構造を構成する船殻部材は、その配置条件や役割によってサイズは大小さまざま、なおかつ直線及び曲線の組み合わせで形作られた複雑な外形形状を有している。これらの船殻部材は、矩形で板状の鋼板と、目的に応じた断面形状を有する形鋼を素材とし、NC (Numerical Controlled) 切断機で切り出すなどして製作される。単純な矩形の素材に様々な形の部材を当て込んで切断していくため、部材を切り出した後には使用されなかった部分が残るが、その後の船殻部材製作において使用見込みがあるものは残材として保管され、使用が見込めないほど小さいものはスクラップとして処分される。このスクラップの発生をいかにして抑制するかは、造船における長年の課題であり、各社様々な工夫を講じている。当社においても、大物部材同士間に生じる空白部分に小物部材を当て込んで切断するなどして対応しているが、それでも一定量のスクラップが発生している。発生したスクラップの一部は、鋼船の建造過程で必要となる各種工作治具の製作に再利用している。

その工作治具の一つに、吊りピースがある。吊りピース

は、船殻ブロックの揚重に使用する 100mm~1000mm 台の大きさの治具で、吊り具を通す孔を有し、吊り上げる前に船体ブロックと溶接される。吊りピースは、使用される工程、クレーンの種類、使用方法などによってさまざまな形状となっており、当社利材センターにてスクラップを再利用しながら常時製作されている。製作には、多本トーチによる同形同時切断方式の装置を使用しているが、稼働効率を低下させないために、ある程度のサイズをもった素材しか使用できないという制約があり、サイズが小さいスクラップ材は再利用できない。そのような場合に対応するために、ロール材 (新品の鋼板) を別途購入している。

本開発では、船殻部材の製作時に使用しきれず発生してしまうスクラップ部分に予め吊りピースを当て込むことができれば、再利用できていない小型スクラップ材を有効利用でき、ロール材の購入量を削減できるのではないかと考え、それを実現するシステムを開発した。また、本システムの実運用をスタートさせ、吊りピース向けロール材の購入量を削減する取り組みを開始した。

原稿受理日：July 31, 2021

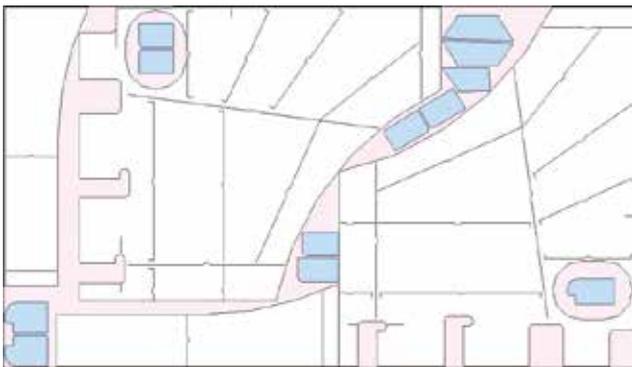
*株式会社名村造船所 船舶海洋事業部 設計本部 船殻設計部 船殻生産設計課

**株式会社名村造船所 生産業務本部 工場管理部 外注管理グループ

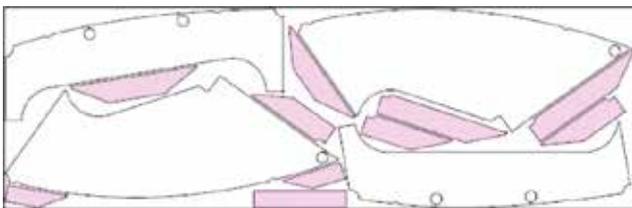
2. ネスティングと NC 切断の概要

2. 1 鋼板ネスティング

矩形の鋼板から様々な船殻部材を NC 切断するために、設計業務の段階においてコンピューター上で鋼板の中に船殻部材を当て込んで貼り付けていく作業をネスティングと呼ぶ。船殻部材の形状、板厚、鋼種はさまざまであるため、鋼板の中に隙間なく部材を敷き詰めて貼り付けることは実は非常に困難で、一筋縄ではいかない。どうしても一定量の空所（スクラップ）が発生してしまうため、当社においては大物部材の隙間に小物部材を敷き詰めたり（第1図）、形鋼の一種である平鋼から切り出す部材を鋼板ネスティング用にデータ変換し、空所に敷き詰めるシステムを開発（第2図）¹⁾したりするなど、様々な対策を講じているが、スクラップの発生をゼロにはできない現実がある。ネスティング作業後、当社の第一船殻内業工場などの NC 切断機を駆動するための NC データを作成するところまでが船殻生産設計課の業務範囲となる。



第1図 空所への小部材配置



第2図 平鋼部材の鋼板へのネスティング

2. 2 船殻部材の切断加工

入荷されたロール材を NC 切断機にセットし、船殻生産設計課にて作成した NC データを読み込ませ、切断機を駆動させることで切断加工作業が行われる。当社においては第一船殻内業工場などに複数台の NC 切断機を配置しており、切断された部材は面取りなどの二次加工を施されたのちに組立ステージごとに仕分けされ、次工程へと受け渡さ

れる。ここでは船殻部材用に購入された鋼材を使用して船殻部材のみを切り出す業務を行っている。

船殻部材の切断加工に使用している NC 切断機には1本の切断トーチが付いており、一筆書きで1部材ずつ切り出していく（写真1）。利材センターにおいて工作治具の製作に使用している多本トーチ同形同時切断機（写真2）とは異なり、大きさや形状が異なる部材が多数ネスティングされている鋼板の切断を得意とする切断機である。



写真1 NC 切断機（1本トーチ型）



写真2 多本トーチ型切断機

2. 3 残材とスクラップ

鋼板ネスティング段階で様々な工夫を講じても、切断後には鋼材の残りが一定量発生してしまう。板厚、鋼種、大きさなどの条件をクリアし、今後の船殻ブロックの製造において再利用が可能と見込まれる鋼材は残材として保管されるが、船殻部材を切り出すには小さすぎるものはスクラップとして処分される。このスクラップの一部は、社内各組立ステージにて日々使用されている各種工作治具の製作

に再利用されている。工作治具は一般に船殻部材よりもサイズが小さいため、船殻部材の切断には再利用できないスクラップ材であっても、工作治具の切断には使用することができる場合が多い。しかし、工作治具の製作においても、あまりに小さなスクラップ材（例えば1枚のスクラップ材から1個の治具しか切り出せないものなど）を再利用することは、生産性の観点から限界がある。このようにして、最終的に何にも再利用できずに廃棄されるスクラップ材が発生している。

3. 吊りピースの製作状況

3. 1 吊りピースの製作プロセス概略

利材センターにて製作対象となる治具ピースは、吊りピース、足場ピース、その他ブロック製作時に使用する各種工作治具である。治具ピースには新規製作のもの以外に、使用済みの吊りピース（写真3）を再利用した再生ピース（写真4）がある。



写真3 使用済み吊りピース



写真4 再生済み吊りピース

大まかな治具製作から各組立ステージへの配材の流れは次のようになる。

まず、週間配材予定表（第3図）で物量の把握を行い、再生可能なピースがあれば再生ピースを製作し、無ければ新規製作を行う（写真5）。

配材日: 2021.06.28 ~ 2021.07.04

配材区分	配材番号	品名	2021.06.28	2021.06.29	2021.06.30	2021.07.01	2021.07.02	2021.07.03	2021.07.04	合計
A	0005	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0010	吊りピース	112	136	208	218	0	0	0	664
A	0012	吊りピース	0	0	15	62	0	0	0	77
A	0016	吊りピース	0	0	0	18	0	0	0	18
A	0020	吊りピース	16	0	0	17	0	0	0	33
A	0025	吊りピース	0	0	0	0	14	0	0	14
A	0027	吊りピース	0	0	0	0	0	18	0	18
A	0029	吊りピース	0	20	0	12	0	0	0	32
A	0044	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0053	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0054	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0060	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0062	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0063	吊りピース	0	0	0	17	0	0	0	17
A	0070	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0071	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0072	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0073	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0074	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0075	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0076	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0077	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0078	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0079	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0080	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0081	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0082	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0083	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0084	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0085	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0086	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0087	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0088	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0089	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0090	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0091	吊りピース	0	0	0	0	0	0	0	0

第3図 週間配材予定表の一例



写真5 新規製作中の吊りピース

新規製作のピースに関しては、社内スクラップ材（写真6）を優先して使用する。スクラップ材が無い場合は次にロール材（写真7）を使用する。ロール材の対象板厚は10.5、12、26、28、30、31.5、35、39mmの8種類としており、それ以外は社内スクラップ材が無ければ社内残材や市中材を使用する。



写真6 社内スクラップ材



写真7 ロール材

配材表(第4図)には、工事番号、ブロック名、配材日、配材場所と部材名が記載されており、この内容に沿って各組立ステージへ治具ピースが配材される。

治具・ピース 配材表

工事番号	ブロック	配材日	送り先
S444	B1C	2021/06/18	5A-大組(第2工場)

種別	正式部材名	特殊品	数量	重量(Kg)	備考	添
治具(G)	PBSN		C= 1	1.7		
吊	LI-15		C= 4	47.6		
吊	LI-25		C= 4	80.4		
特吊	LT-15N		C= 8	88.0		

第4図 配材表の一例

3.2 鋼材の入手方法(スクラップ, ロール材, 残材)

社内スクラップは、毎日行われるNC切断後のスクラップ運搬時に、利材センターで使用可能なスクラップを確認

し、使用可能なものを利材センターに保管している。

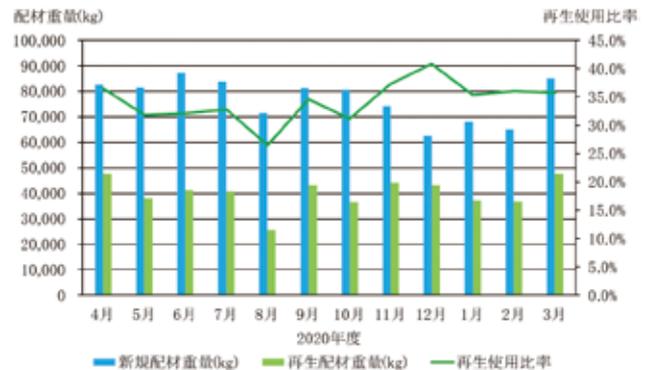
ロール材は、発注から納入まで約2ヶ月かかるため、鋼材在庫量を事前に確認し、使用量を推定してから毎月手配を行う。

社内残材はスクラップ材が不足した場合やロール材がなくなった場合に、船殻生産設計課へ問い合わせし、使用可能な残材の出庫を依頼している。

基本的には新規製作の材料として社内スクラップ材を優先的に利用するようにしており、有効活用を進めている。

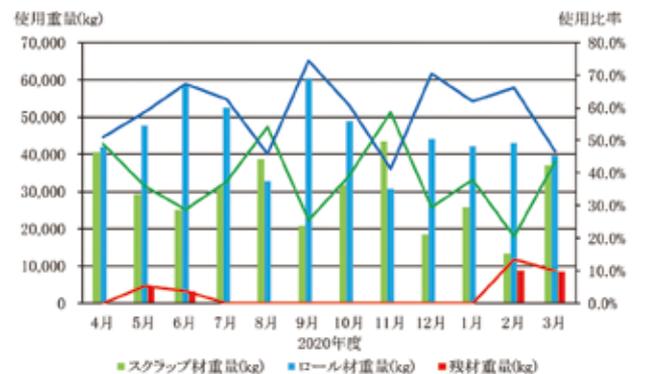
3.3 治具ピース製作及び鋼材使用比率の年間実績

2020年度に各組立ステージへ配材した治具ピースの重量(第5図)は年間で1,405tとなっており、その内の923tを新規で製作している。残りの482tは使用済み吊りピースを再利用し配材を行った。



第5図 配材重量の推移(2020年度)

また、新規製作の治具ピースの材料の内訳を見ると、スクラップ材355t(38.5%)、ロール材543t(58.8%)、残材24t(2.7%)となっており、ロール材の使用比率が最も大きくなっている(第6図)。



第6図 鋼材使用重量の推移(2020年度)

3. 4 吊りピース製作における課題

吊りピース製作における鋼材コスト削減を検討するにあたり、最も使用比率が高いロール材や、船殻部材用の社内残材の使用量を削減することが重要である。現在は、社内スクラップ材で小さすぎるものはピース切断の効率低下を避けるために使用できていない。こういったスクラップ材の有効活用を進め、ロール材や残材の使用量削減につなげなければならない。

4. 対策の検討

4. 1 対策とシステムの構想

船殻部材の切断加工におけるスクラップの発生状況と、吊りピース製作におけるスクラップ材及びロール材の使用状況を踏まえ、ネスティング段階で船殻部材同士の隙間に吊りピースを敷き詰めておくことで、現状で有効利用できていないスクラップを有効活用し、吊りピース製作のために購入しているロール材の購入量を削減できないかと考えた。しかし、船殻部材の切断加工工程は、船体ブロックの製造工程と連動しているため、発生するスクラップの板厚や量は、その切断時期によって変動してしまう。したがって、いくらネスティング段階で吊りピースを貼り付けておくといっても、必要とされている吊りピースのすべてを切り出すことは不可能である。そこで、流通量の多い吊りピースについて予め NC 切断要求数を決めておき、ネスティング段階でスクラップエリアに貼り付けられるものを NC 切断し、貼り付けられなかったものは利材センターで追加切断することで必要な数量を確保するという手法を考案した(第7図)。

4. 2 システム開発項目

考案した手法を実現するためには、利材センターから船殻生産設計課にピースの NC 切断要求数を伝達するシステムの開発、第一船殻内業工場から利材センターへ搬入されたピースの量を入力して在庫のデータベースに反映するシステム、入力した NC 切断ピースの量、既存在庫、各組立ステージが求めているピースの量を差し引きし、利材センターで追加切断が必要な量を把握するシステム、それらに付随する運用上必要な補完的システムの開発及び既存システムの一部改修が必要となる。

4. 3 対象ピースの選定

現状で吊りピースを製作するために購入しているロール

材のうち、多くの吊りピースに使用されている 26.0mm～39.0mm の板厚帯を発注削減のメインターゲットとし、この板厚帯に当てはまる吊りピースを対象に選定した。また、板厚が 26.0mm 未満でも、流通量が多く年間通して利材センターで製作しているものも対象に加え、最終的に 69 種類のピースを選定した。

5. システム開発

5. 1 基幹システム-治具・ピース管理システムの改善

5. 1. 1 NC 切断要求の開発

管理部門(外注管理グループ)が、毎月2ヶ月先の NC 切断予定として対象ピースの NC 切断要求数を登録、ネスティングシステムである Cadwin Nesting Ver.19™(以下 Cadwin システム)ヘデータを渡すまでの仕組みを開発した。また、対象ピースの設定もここでできる(第8図)。

5. 1. 2 NC 切断ピース受取の開発

切断加工ステージより NC 切断されたピースと受渡票が利材センターに届く。ピースの製作を委託している太陽工業(株)(以下、製作委託業者)の担当者は現品を確認し、受け取ったピースの登録処理を行い、データベースに情報を反映する。このためのアプリケーションを新規開発した(第9図)。

5. 1. 3 製作部材登録の改善

製作委託業者は上記(5.1.2)で受け取ったピースを二次加工し完成品となったピースを登録する。その場合、NC 切断されたピースと判断できるように登録を改善した(第10図)。

5. 1. 4 週間製作予定(NC 切断)の開発

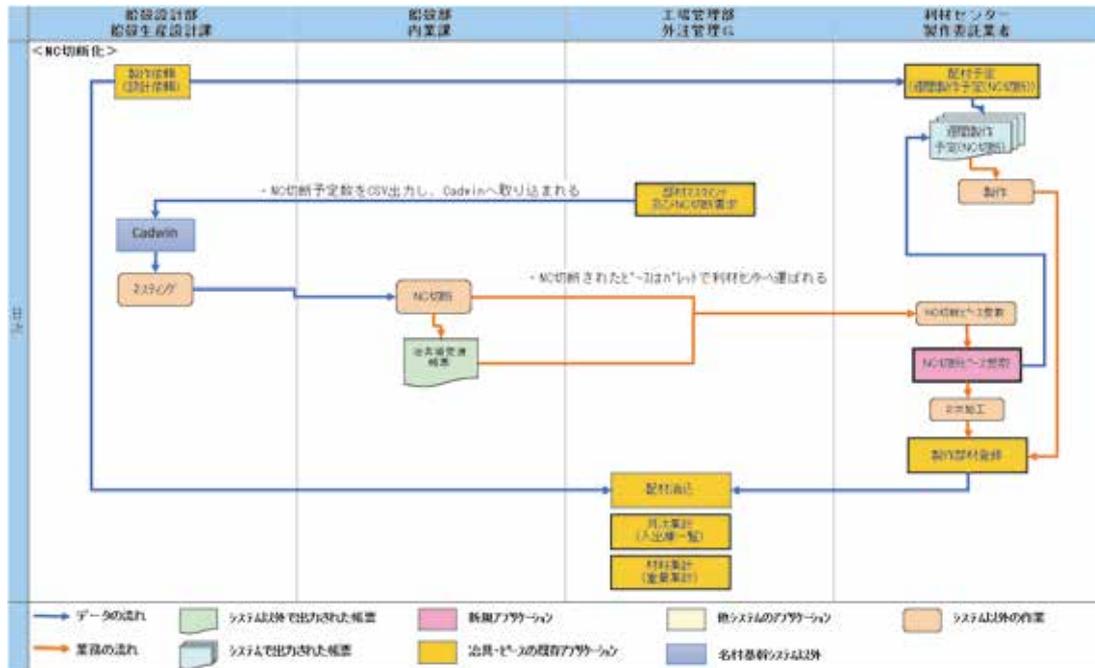
既存の週間製作予定表とは別に NC 切断ピース用の週間製作予定表を開発した(第11図)。指定された配材日でピース毎の配材予定数、完成品の在庫数、NC 切断の在庫数が表示され利材センターであと何個切断または加工が必要か判断できる。

5. 1. 5 月次集計&入出庫一覧の改善

既存の入出庫一覧に NC 切断ピースの製作数、未加工在庫数が表示されるよう改善した(第12図)。また、ここでの承認処理で NC 切断ピース受取も同時に承認される仕組みになっている。

5. 1. 6 板厚別重量集計の改善

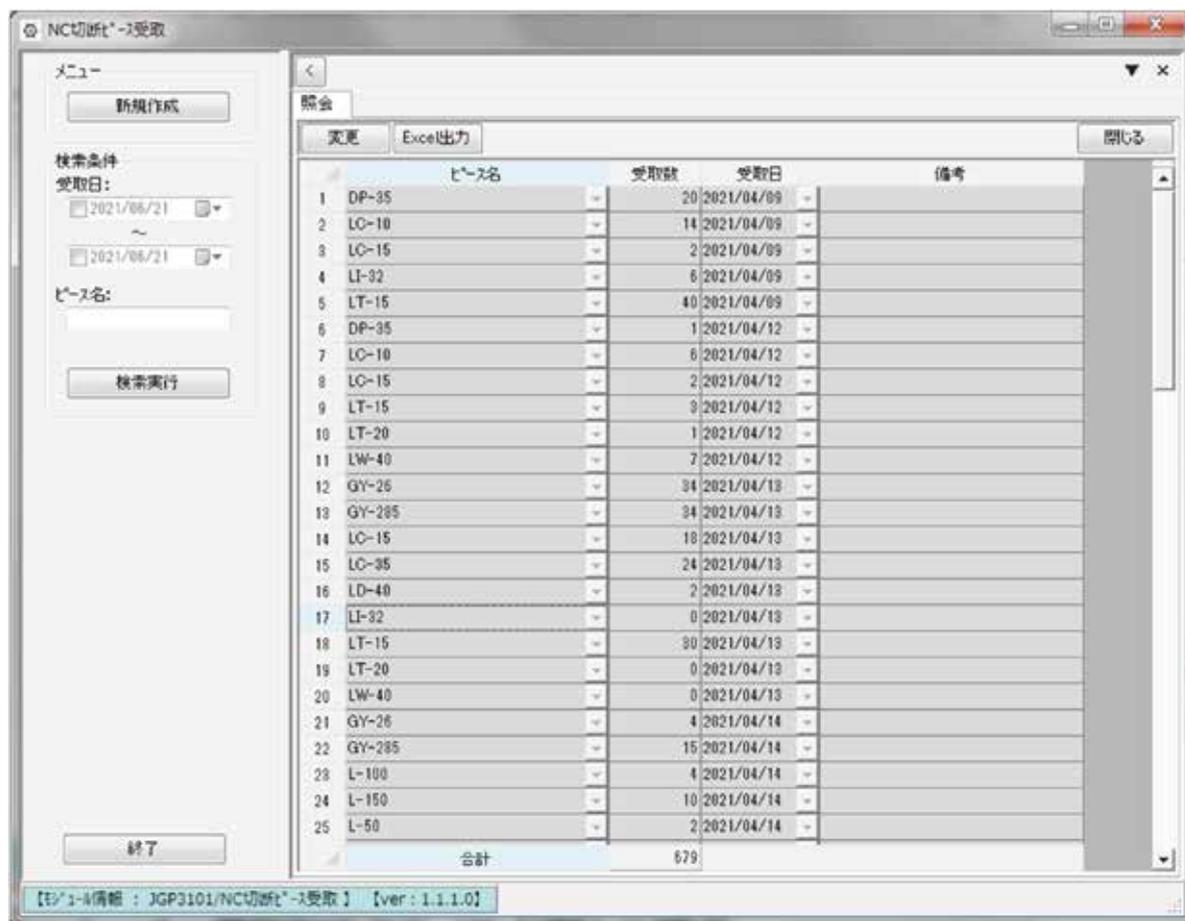
既存の板厚別重量集計に製作重量が表示されるよう改善した(第13図)。板厚毎にNC切断されたピースの製作重量と新規で製作委託業者が製作したピースの製作重量が一目で分かる。



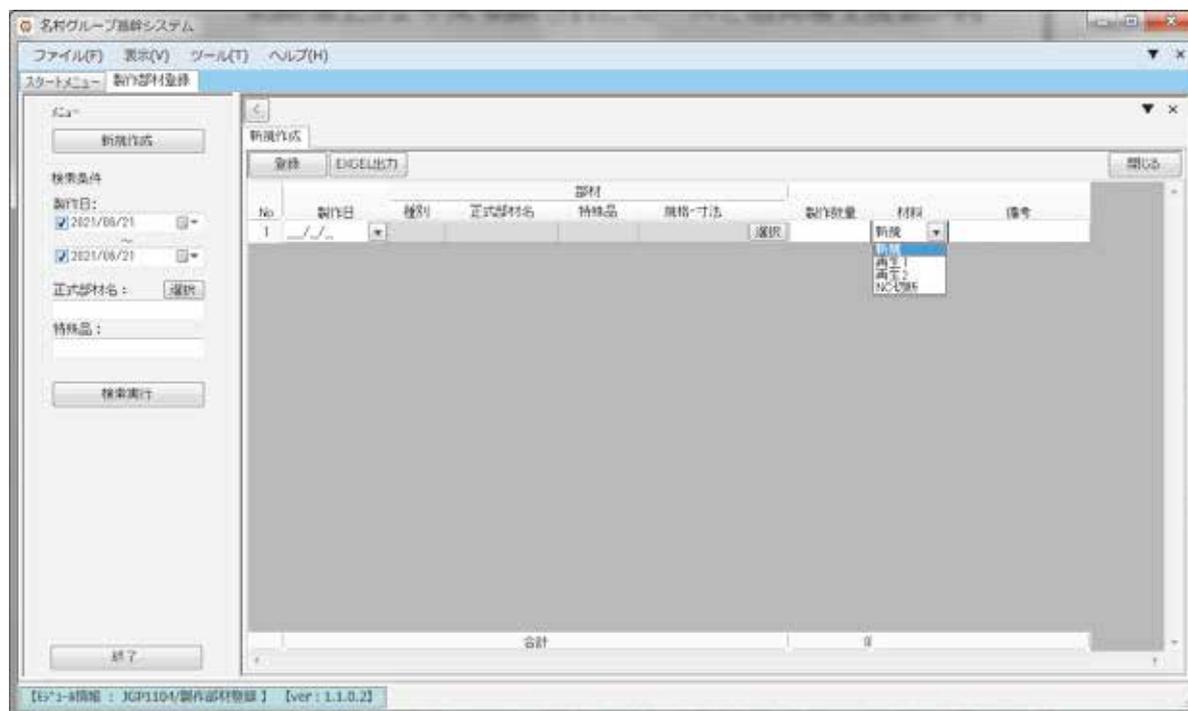
第7図 考案したシステムの概要

No.	区分	番号	種別	種類	部品名	加工1	加工2	新種	7桁コード	部材重量 (kg)	NC切断予定
1	床板のピース	0002	板	DP-25						9.4	0
2	床板のピース	0003	板	DP-25						14.5	0
3	床板のピース	0541	芯具	QY-25						11.3	260
4	O工作芯具	0008	特出具	QY-25	(H50)					10.8	180
5	床板のピース	1142	芯具	QY-205						16.9	180
6	O工作芯具	0050	特出具	QY-20		RSB	TEST1			16.5	0
7	床板のピース	0004	板	L-100						63.2	40
8	床板のピース	0006	板	L-140						178.8	0
9	床板のピース	0007	板	L-150						92.8	10
10	床板のピース	0008	板	L-80						33.4	180
11	床板のピース	0011	板	L-20						46.7	30
12	床板のピース	0015	板	LC-10						19.8	0
13	床板のピース	0016	板	LC-15						50.0	30
14	床板のピース	0017	板	LC-25						94.9	150
15	床板のピース	0018	板	LC-35						120.8	40
16	床板のピース	0022	板	LD-15						15.7	30
17	床板のピース	0023	板	LD-20						22.9	30
18	床板のピース	0024	板	LD-25						34.1	60

第8図 NC切断要求



第9図 NC 切断ピース受取



第10図 製作部材登録

No.	正式品仕立	特約品	配材日	2021/04/01 概算	2021/04/04 概算	NC切断在庫(前週)	製作時間	追加工数
1	0-10		01	43	22	0	0	0
2	10-20		4	3	22	0	0	0
3	10-20		10	47	0	0	0	0
4	10-20		0	15	47	0	0	0
5	10-20		4	4	0	0	0	0
6	10-20		14	-1	0	26	0	0
7	10-20		10	25	0	0	0	0
8	10-20		14	116	16	0	0	0
9	10-20		24	64	0	0	0	0
10	10-20		0	22	0	0	0	0
11	LT+05		4	22	16	0	0	0
12	LT+05		0	22	16	0	0	0
13	10P+05		10	22	22	0	0	0
合計				209	209	279	24	0

第 11 図 週間製作予定表 (NC 切断)

第 12 図 月次集計&入出庫一覧

No.	材質	板厚 (mm)	配材重量 (kg)	新規	NC切断	合計
1	鉄板	6.0	156.3	30.5	0.0	30.5
2	鉄板	7.0	132.9	40.9	0.0	40.9
3	鉄板	8.0	255.1	11.2	0.0	11.2
4	鉄板	9.0	629.5	352.0	0.0	352.0
5	鉄板	10.0	1,667.2	1,267.5	0.0	1,267.5
6	鉄板	10.5	1,145.6	600.0	0.0	600.0
7	鉄板	11.0	132.9	0.0	0.0	0.0
8	鉄板	11.5	4,738.2	1,204.9	0.0	1,204.9
9	鉄板	12.0	2,365.0	2,898.3	71.6	2,969.9
10	鉄板	12.5	1,777.8	608.8	0.0	608.8
11	鉄板	12.7	0.6	103.2	0.0	103.2
12	鉄板	13.0	1,671.3	669.9	25.4	669.9
13	鉄板	13.5	132.9	0.0	0.0	0.0
14	鉄板	14.0	1,309.4	479.4	0.0	479.4
15	鉄板	15.0	572.0	268.9	0.0	268.9
16	鉄板	16.0	10,078.3	2,794.5	0.0	2,794.5
17	鉄板	17.0	1,168.1	263.1	0.0	263.1
18	鉄板	17.5	708.6	143.6	0.0	143.6
19	鉄板	18.0	1,950.9	1,739.4	0.0	1,739.4
20	鉄板	18.5	104.0	0.0	0.0	0.0
21	鉄板	19.0	65.7	17.0	0.0	17.0
合計			131,445.2	38,752.2	2,809.3	41,812.9

第 13 図 板厚別重量集計

5. 2 ネスティングシステムの改善

5. 2. 1 船殻部材のネスティング

当社は、AVEVA™ Marine を使用し船体の 3D モデルを作成している。モデルデータから抽出した船殻部材の情報は、Smart Hull™システム内のデータベースに保存され、その後、Cadwin システムのデータベース（番船DB）へ受け渡される（第 14 図 ※1）。

5. 2. 2 吊りピース部材専用 DB の構築

Cadwin システムに、吊りピース専用データベース (PIECE DB) を構築し、NC 切断可能な 69 種類の吊りピースデータを登録した（第 14 図 ※2）。

5. 2. 3 吊りピース数量更新処理の開発

当社基幹システムの治具・ピース管理 DB に登録されている NC 切断要求数を、Cadwin システムの PIECE DB へ反映する処理を開発した（第 14 図 ※3）。

5. 2. 4 吊りピース抽出処理の開発

船殻部材のネスティング完了後、鋼板の中に残った空所に吊りピースをネスティングするために、PIECE DB の吊りピースデータを番船 DB へ抽出する処理を開発した（第 14 図 ※4）。

5. 2. 5 ネスティングメニューの改善

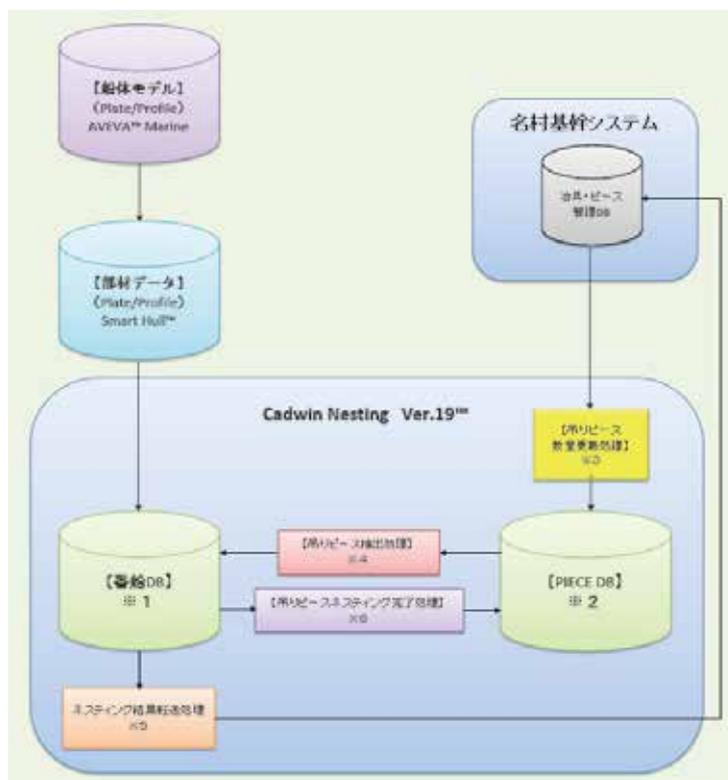
吊りピースのネスティング作業を効率化するために、番船 DB で吊りピースのみを表示させ、ネスティング対象を選択し易くするオプションメニューを開発した。

5. 2. 6 ネスティング結果転送処理の改善

番船 DB 内でネスティングした吊りピースの貼り付け数量 (NC 切断される吊りピースの数量) を治具・ピース管理 DB へ反映する処理を開発した（第 14 図 ※5）。

5. 2. 7 吊りピースネスティング完了処理の開発

番船DB でネスティングしたピース部材数量を、PIECE DB の数量情報（貼り付け数量及び未貼り付け数量）に反映するとともに、番船DB のネスティング中フラグ（吊りピースのネスティングが未完の場合に貼り付け数量が未確定状態であることを示す情報）を更新する処理を開発した（第 14 図 ※6）。このフラグを更新することで、吊りピースのネスティング作業を完了状態と識別させている。



第 14 図 ネスティングシステム構成

5. 3 吊りピース現場運用に必要な帳票類の開発

治具・ピース管理 DB に登録されているネスティングされた吊りピースの貼付数量を、対象切断 LOT 範囲でリスト出力できるように対応した (第 15 図)。このリストは、船殻生産設計課、第一船殻内業工場、利材センターで出力することができ、吊りピースのネスティング状況を関係者で共有することができる。

第 15 図 吊りピース切断集計表の一例

6. 実運用と評価

システム開発と検証を経て、2021 年 4 月の切断分から本システムの運用を開始した (第 16 図)。2021 年 4 月～6 月までの 3 か月で、約 82 トンの吊りピースを NC 切断にて製作した。ロール材発注対象の板厚の吊りピースについては同期間で約 63 トンを切断した。切断したピースの部材数は、同期間で約 2800 個となった。第一船殻内業工場にて切断する部材数としては約 50 個/day 分程度、取り扱い部材数が増えたことになるが、利材センターにて切断加工する量が減少すると考えられるため、工数の増加は相殺される。

ロール材の発注量削減は 2021 年 3 月分から試験的に開始しており、2021 年 3 月～8 月までの間に約 44 トンの発

注を削減した。削減量については、前述の通り、船殻部材の切断時期によって吊りピースの切断実績が変動すること、ネスティングが完了する時期と発注時期に差があり、ネスティング実績をリアルタイムに削減量に反映できないという課題があるため、動向を注視しながら発注量削減を進めている。

7. 結言

船殻部材の切断加工で一定量発生していた再利用不可能なスクラップ材と、吊りピースの大きさ、及び 1 本トーチ一筆 NC 切断方式の特性に着目し、別工場で各々切断されていた船殻部材と吊りピースを、一緒にネスティングしておくことで同時に切断する方式を考案した。また、その切断加工を可能とする関連システム群の改修及び開発を実施した。そして、システム部門、ユーザー部門の検証を経て、2021 年 4 月より本システムの実運用を開始し、ロール材の発注量削減を開始した。

謝辞

本システムの検討と開発にご協力頂きました、名村エンジニアリング株式会社殿、名村情報システム株式会社殿、CADWIN SYSTEM CO., Ltd. 殿、社内関係者の皆様、また、本文の執筆にご協力頂きました関係各位に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 坂口秀徳, 常盤淳一: 鋼板有効活用における平鋼部材生成システムの構築 名村テクニカルレビュー第 22 号 2019 年 pp. 46-53



第 16 図 吊りピースのネスティング状態