

造船工場の省エネルギー方策の研究開発 共同研究報告



本研究は、一般財団法人 日本海事協会の「業界要望による共同研究」のスキームにより研究支援を受けて実施しました)

2012年5月9日, 11日



日酸TANAKA株式会社

- 2008年5月 省エネルギー法改正
エネルギーの年間使用量(原油換算値)が合計して1500kl以上の企業
→ 特定事業者の指定を受けることになる。
- 中小造船所は、今後PSPCに対処するための塗装研掃兼用工場が新設された折りには、エネルギー使用量が増加
→ 中小造船所も特定事業者指定されることが予想される。
- 企業からのCO2排出量を抑制することが社会的に求められている。



造船工場のエネルギー使用量を低減することを目的として、
造船所内での使用電力量に着目し、
“レーザNC切断機の省エネルギー化”
に取り組むこととした。

- レーザNC切断機は、造船部材を切断するツールとして、造船工場への導入が年々増加してきている。
- レーザNC切断機にはレーザ光を発生するレーザ発振器が搭載されているが、切断作業中でもレーザ発振器は切断できる状態となっている必要が無い時間がある。



本開発はこの時間に着目し、

“切断時以外のレーザ発振器の消費電力削減”

を省エネルギー化のポイントとした。

- 開発内容

レーザー切断機の切断以外のレーザー発振器の消費電力を削減するため
“以下の工程時間にレーザー発振器の高圧OFFとする機能”
を開発した。

① マーキング・印字

② 切断材料の配集材

- 開発した機能

1) NCプログラム指令によるレーザー発振器の高圧ON/OFF

◎ NC指令コード 補助機能(Mコード)

2) NCプログラムを変更しないでレーザー発振器の高圧をON/OFF

◎ NC制御ソフトウェア(既存のNC指令コードに1)コード抱合)

3) NCプログラム運転終了時にレーザー発振器の高圧を自動的にOFF、設定した時間経過後に高圧をONする

◎ NC制御ソフトウェア

◎ 時間設定タイマー

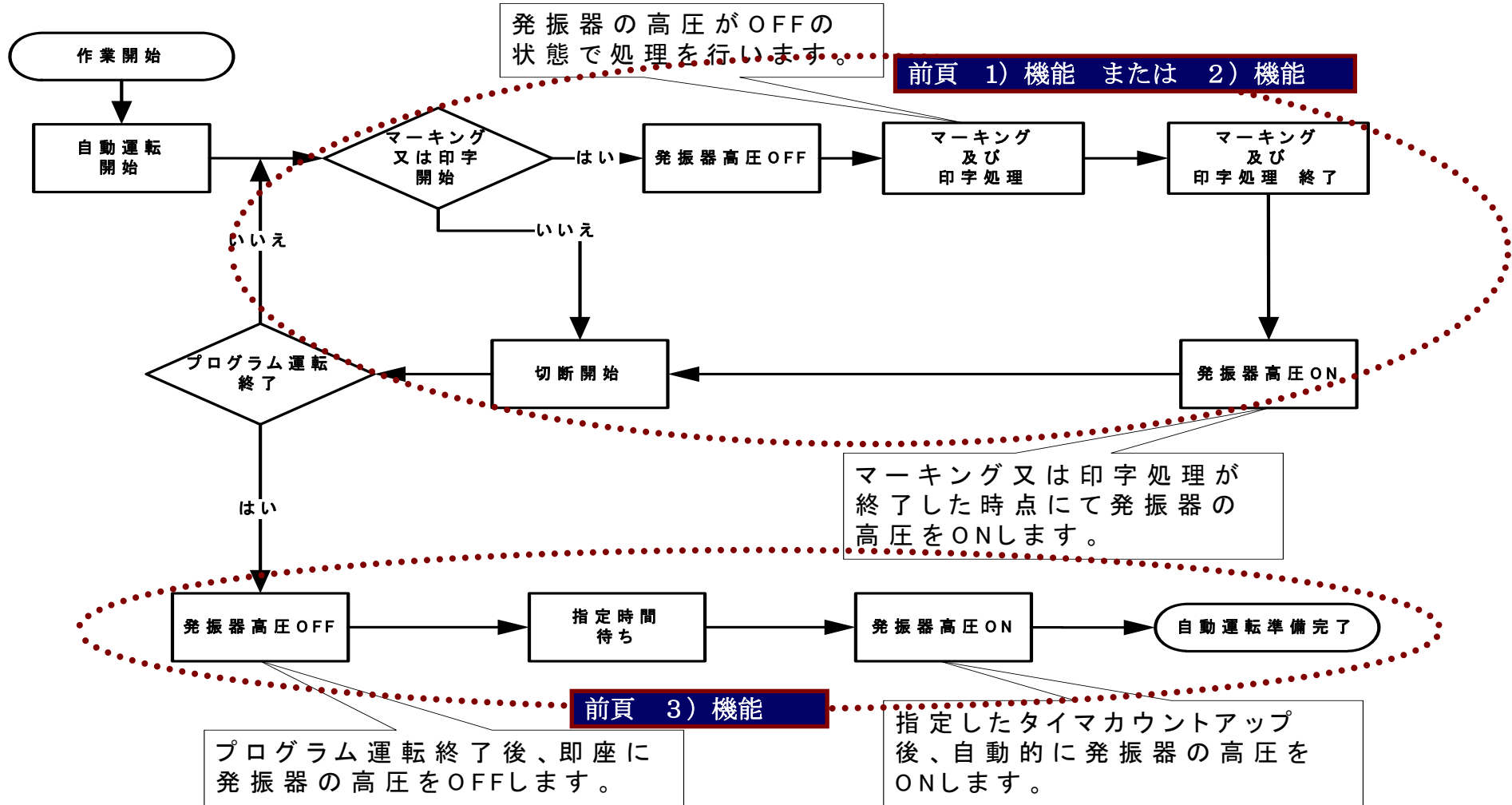




図 タイマーの外観

機能 : 本機能でレーザー発振器の高圧OFFから高圧ON
までの時間設定を行う

時間設定 : 0.05秒から300時間までの任意の時間に
設定可能

● 実験用機器

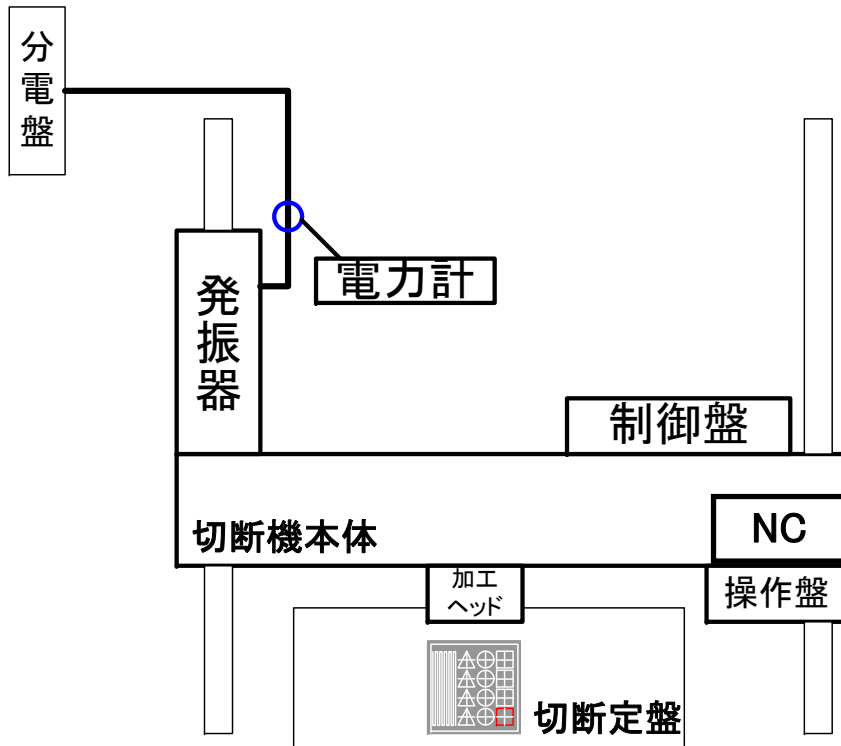


図 実験装置外略図



図 実験に使用したレーザNC切断機

NCLレーザ切断機 : LMXVII Z25-TF6000

(レーザ出力 6kW 日酸TANAKA製)

電力計 : AKW5112(パナソニック)

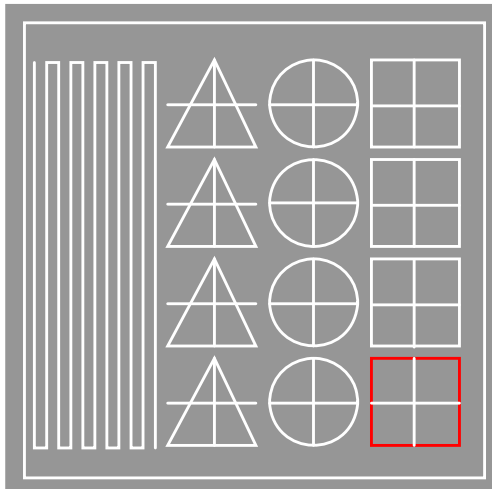
クランプ装置 : AKW4803C(パナソニック)

機能動作確認結果(2)

- 実験内容

開発機能有効/無効の切断、マーキングNCプログラムを作成し、両プログラムでレーザNC切断機を稼働させて、使用した電力量を測定し、比較。

切断・マーキング形状



白線:マーキング

赤線:切断

マーキング時間: 1時間

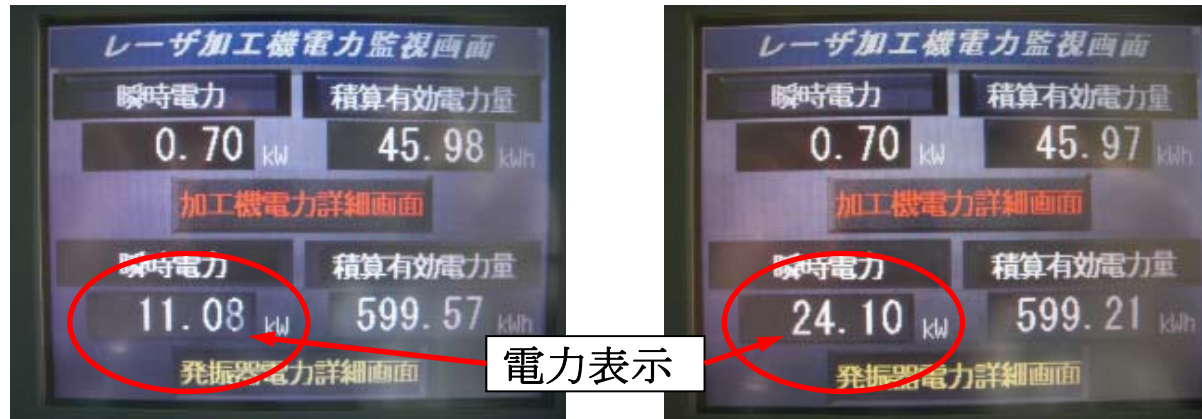
切断時間: 38秒

NCプログラム

O0001(TEST PRG. 機能有効)		O0001(TEST PRG. 機能無効)
G91		G91
G92X0Y0		G92X0Y0
G00X20.Y20.		G00X20.Y20.
M58(発振器高圧 OFF)	← 機能の指令	M11 (マーキング開始)
M11 (マーキング開始)		M09
M09		G01Y450.
G01Y450.		G01X450.
G01X450.		G01Y-450.
G01Y-450.		G01X-450.
G01X-450.		M10
M10		G00X70.Y30.
G00X70.Y30.		.
.		.
省略 (マーキングプログラム)		省略 (マーキングプログラム)
.		.
G01X390.		G01X390.
M10		M10
M59(発振器高圧 ON)	← 機能の指令	M12 (マーキング終了)
M12 (マーキング終了)		G00X-390.Y-405.5
G00X-390.Y-405.5		G100S4T9 (切断開始)
G100S4T9 (切断開始)		G01Y3.
G01Y3.		.
.		.
省略 (切断プログラム)		省略 (切断プログラム)
.		.
G01X-80.		G01X-80.
G101 (切断終了)	← 機能の指令	G101 (切断終了)
M57(発振器高圧 OFF ONタイマー起動)		M30
M30		

● 実験結果

	レーザ発振器消費電力 [kW]	積算消費電力 [kWh]
機能無効時	23.5	23.78
機能有効時	10.7	10.98
削減効果	12.8	12.8



1時間のマーキング作業で12.8kWhの電力削減が行えることが確認できた

レーザー発振器別の電力削減量

表 レーザー発振器の状態別消費電力

発振器種類	4000A 電気シャッター	4000iA 電気シャッター	4000iB 電気シャッター	4000iC 電気シャッター	6000B	6000iA 電気シャッター	6000iB 電気シャッター	6000iC 電気シャッター
⑧最大出力時	40.1 k W	40.1 k W	41.1 k W	40.7 k W	60.5 k W	56.8 k W	57.8 k W	58.9 k W
⑨待機時電力	17.3 k W	17.3 k W	15.9 k W	15.6 k W	36.2 k W	24.7 k W	23.0 k W	22.3 k W
高圧カット時電力	5.3 k W	5.3 k W	4.6 k W	3 k W	11.1 k W	8.5 k W	7.4 k W	4 k W
⑦高圧カットによる電力削減量	12 k W	12 k W	11.3 k W	12.6 k W	25.1 k W	16.2 k W	15.6 k W	18.3 k W

•計算式

削減率【%】

$$= \left\{ \frac{[\text{①} \times (\text{②} + \text{③} + \text{④} + \text{⑤} + \text{⑥}) \times \text{⑦}]}{[(\text{①} \times \text{④}) \times \text{⑧} + \text{①} \times (\text{②} + \text{③} + \text{④} + \text{⑤} + \text{⑥}) \times \text{⑨}]} \right\} \times 100$$

①稼働時間【h】 ②配材比率【%】 ③マーキング比率【%】

④カッティング比率【%】 ⑤集材比率【%】 ⑥無稼働時間【%】

⑦高圧カットによる電力削減量【kW】 ⑧最大出力時電力【kW】

⑨待機時電力【kW】

平均 9社 21.8%

造船所名	レーザー 発振機 メーカー/型番	① 稼働時間 (時間)	② 配材比率 (%)	③ マーキング 比率 (%)	④ カッティング 比率 (%)	⑤ 集材比率 (%)	⑥ 無稼働 (%)	電力削減 効果試算 ¹⁾	効果備考
A造船所	トルンプ/TFL-6000	8	5.25	5.25	43.8	15.7	30	0.0%	発振器データなし
B造船所	日酸TANAKA/LMX-II 50	18	25	15	35	25	0	36.5%	6000B
C造船所	FANUC/TF4000	24	10	20	40	20	10	27.3%	4000A
D造船所	TRUMP/TLF6000t	15	15	20	40	15	10	0.0%	発振器データなし
E造船所	FANUC/C6000i-B	15	5	15	60	15	5	14.2%	6000iB
F造船所	日酸TANAKA/C6000i-A	16	15	20	40	15	10	25.9%	6000iA
G造船所	日酸TANAKA/LMXVII35- TF4000E	10	15	20	50	15	0	20.9%	4000A
H造船所	日酸TANAKA/FLC6000A	11	20	20	40	10	10	32.8%	6000B
I造船所	FANUC/C6000i-MODEL A	24	10	5	55	15	15	17.2%	6000iA
J造船所 A事業所	日酸TANAKA/LMX II - TF6000(2) 日酸TANAKA/LMXVII- TF6000(2)	24	5	5	80	5	5	6.4%	6000iA
J造船所 B事業所	日酸TANAKA/LMX II 50- TF6000A 日酸TANAKA/LMXVIIZ50- TF6000E	24	10	10	60	10	10	14.7%	6000iA

- エネルギー使用量を低減することを目的に、造船工場で使用されているNCLレーザー切断機の省エネルギー化として、切断時以外のレーザー発振器の消費電力削減を行う機能の開発を実施し下記結果が得られた。
 - ① マーキングや切断材料の集配材などの切断以外の時間で、レーザー発振器の消費電力を削減するNCLレーザー切断機の機能が完成した。
 - ② 開発した機能を使用して簡易的な効果確認の実験を行い、レーザー発振器の消費電力削減効果があることを確認した。
 - ③ 各造船所殿でのレーザー切断機運用状況に、開発した機能を適用した場合の消費電力削減量の試算を行い、平均21.8% (9社平均) のレーザー発振器の消費電力削減効果が得られる試算結果が得られた。

- 本機能を有効としてレーザー発振器の高圧をONする場合、高圧ONの指令からレーザー発振器が切断を行える状態になるまで切断が行えない時間(最大2分間)が発生する。
 本課題については、NCプログラムのマーキング終了時間他のレーザー発振器の高圧OFF状態の終了時間の2分以上前のブロックに発振器高圧ON(M59)を指令する事で対応が可能と考える。下記にNCプログラム参考例を記す。

```

:
M09
G01Y100.
M10
G00X10.
:
M09
G01Y-100.
M10
G00X10.
M09
G01Y100.
M10
M59(OSC HV ON)
M12
G00X500.
G100S1T9
G01Y100.
:

```

切断開始直前に指令

切断開始時は、発振器の高圧はONになってないので、ONになるまで停止時間有り

```

:
M09
G01Y100.
M10
M59(OSC HV ON)
G00X10.
:
M09
G01Y-100.
M10
G00X10.
M09
G01Y100.
M10
M12
G00X500.
G100S1T9
G01Y100.
:

```

マーキングが終了する2分前に発振器高圧ON(M59)を指令する

切断開始時は、発振器の高圧はONになっており、停止時間無し

- 最新のレーザー切断機では、今まで課題となっていた専用NCプログラムの追加や発振器高圧カット状態からの立ち上げ時間の考慮が不要になった。

① 専用プログラムの組み込み

今まで、マーキング前後に指令する必要があったNCプログラムの追加指令が不要となり、自動的にレーザー発振器の高圧をOFF/ONする事が可能となった。又、機能の有効／無効は選択やレーザー発振器の高圧OFFからONになる時間設定画面も標準機能として装備している。

② 発振器立ち上げ時間の短縮

従来、レーザー発振器高圧OFF状態からON状態になるまで2分程度時間を要していたが、最新のレーザー切断機では約6秒と大幅に短縮され、立ち上げ時間を考慮する必要がなくなった。

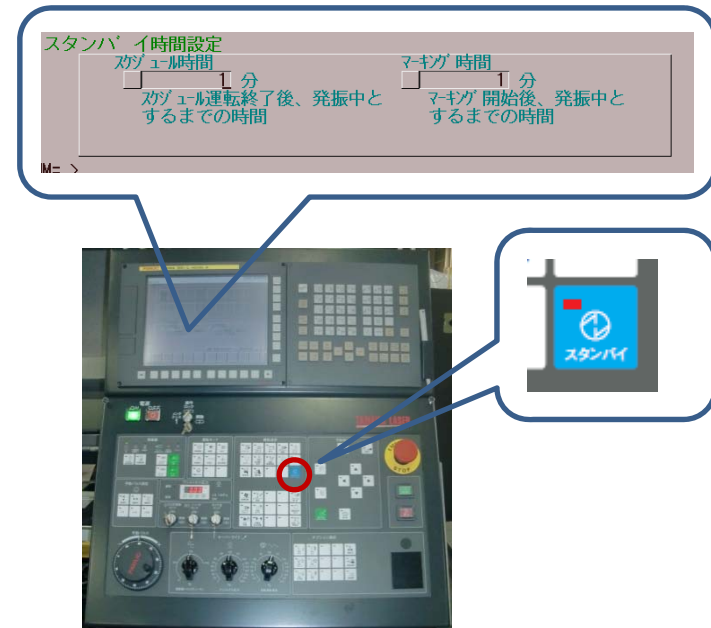


図 最新レーザー切断機の操作盤