



鉄の歴史

日本海軍の補助艦用甲鉄の開発意図を探る

Develop of CNC (Ni-Cr-Cu alloy) Armor Plate

寺西英之 千葉工業大学 工学部
Hideyuki Teranishi 機械サイエンス学科 研究生

はじめに

甲鉄は、浸炭焼入処理の有無により、炭和甲鉄 (cemented armor) と、非炭和甲鉄 (non-cemented armor) に大別される。さらに、非炭和甲鉄は、焼入れを施した甲鉄 (hardend non-cemented armor) と、焼入れを施さなかった甲鉄 (non-cemented armor) に分類される。表1に甲鉄の熱処理行程による分類を示す。

日本海軍では、主力艦用と補助艦用にそれぞれ甲鉄が開発された結果、各種甲鉄が製造された。表2に甲鉄の名称を、表3に各甲鉄の成分規格¹⁾を示す。

主力艦用甲鉄は、1911 (明治44) 年に英国ビッカース (Vickers) 社で起工された装甲巡洋艦「金剛」の建造に際して、同社より技術導入したVC甲鉄かあるいは改良型であった。この結果、主力艦用甲鉄として開発されたNVNC、VH、MNC甲鉄は、諸外国と同様にNi-Cr鋼系甲鉄かあるいはNi-Cr-Mo鋼系甲鉄であった。

一方、補助艦用甲鉄には、当初、NVNC甲鉄が用いられたが、「最上」型巡洋艦の建造にあたり諸外国に例のないCu添加型甲鉄、即ちCNC甲鉄が開発された。さらに、1941 (昭和16) 年には、スクラップの有効利用により、Ni、Cu地

表1 甲鉄の熱処理工程による分類

分類		熱処理工程	
炭和甲鉄*	表面硬化	浸炭 → 調質 → 焼入	
非炭和甲鉄**	表面硬化	調質 → 焼入	
	均質	調質	

表2 日本海軍が製造した甲鉄の名称

分類		甲鉄名称	
炭和甲鉄	表面硬化	KC	Krupp cemented
		VC	Vickers cemented
非炭和甲鉄	表面硬化	VH	Vickers hardened non-cemented
	均質	NVNC	New Vickers non-cemented
		CNC	Copper alloy non-cemented
		MNC	Molybdenum alloy non-cemented

表3 甲鉄の成分規格

名称	鋼種記号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
VC	PL ₁	0.43	0.05	0.30			3.70	1.80		
VH		~0.53	~0.25	~0.45	~0.035	~0.030	~4.20	~2.20		~0.20
NVNC										
KC	PL ₂	0.30	0.05	0.30			3.5	1.5		
		~0.40	~0.25	~0.45	~0.035	~0.030	~3.8	~2.0	~0.20	
MNC	PL ₁₁	0.30		0.30			3.30	1.80	0.25	
		~0.38	~0.35	~0.45	~0.035	~0.040	~3.80	~2.20	~0.40	~0.25
CNC	PL ₁₀	0.38	0.05	0.30			2.50	0.80		0.90
		~0.46	~0.25	~0.45	~0.035	~0.030	~3.00	~1.30		~1.30
CNC ₁	CNC ₁	0.36		0.30			1.80	1.40	0.10	0.60
		~0.44	~0.35	~0.45	~0.035	~0.045	~2.30	~1.80	~0.25	~1.00
CNC ₂	CNC ₂	0.36		0.30			1.30	1.40	0.10	0.60
		~0.44	~0.35	~0.45	~0.035	~0.045	~1.80	~1.80	~0.25	~1.00

金の添加を必要としない²⁾ CNC₁、CNC₂ (CNC₁はNi含有量1.80～2.30%、CNC₂は1.30～1.80%) 甲鉄が実用化された。図1に、日本海軍が用いた甲鉄用特殊鋼のNiとCuの添加比率図³⁾を示す。

現在、技術導入に際して綿密な検討が行われたKC、VC両甲鉄の国産化過程や、「大和」型戦艦用甲鉄として開発されたVH、MNC甲鉄に関しては、開発当事者の手による記録など一定の史料が確認されている。これに対して、CNC系甲鉄に関しては、佐々川清「装甲鉄製造についての回顧録⁴⁾」に若干の記述が認められるのみである。

そこで、本稿では、当時申請された特許や実習記録などを通して、CNC系甲鉄開発の詳細を明らかにすることを試みた。

2 CNC系甲鉄の開発

CNC甲鉄の開発意図に関しては、特許第91154号に次の記述が認められた⁷⁾。

本発明は敵弾防御用甲鉄材質としてニッケル・五乃至四%クロム五乃至三%銅五乃至二%を含有する鋼を使用することにより其の目的とする所は従来の甲鉄材料を用ひるよりも強靱にして耐弾抗力強く然も価格低廉なる甲鉄を得るにあり

文中より、Cu添加型甲鉄は、甲鉄の靱性向上と甲鉄価格の引き下げの2点を主眼として開発されたことが確認された。

これに対して、CNC₁、CNC₂甲鉄の開発に関しては、堀川一男元海軍技術少佐が米軍に提出した資料に次の記述が認められた。

国内不足資源タル「ニッケル」及銅ヲ節約シ且「スクラップ」ノ循環使用ヲ円滑ナラシメ而モ耐弾力従来ノモノニ比シテ劣ラザル新成分甲鉄材料ヲ得タリ⁵⁾

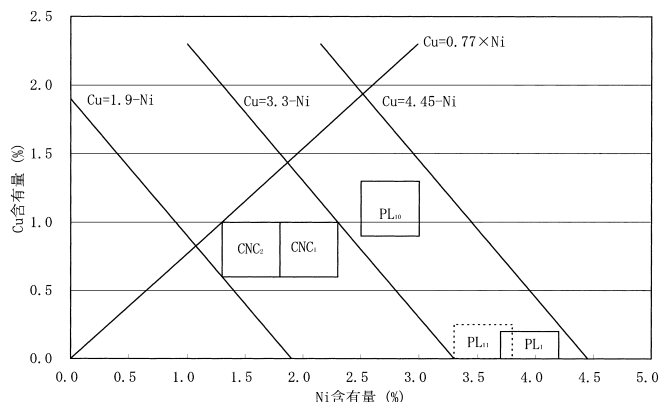


図1 甲鉄用特殊鋼のNi、Cu添加比率図

文中より、CNC₁、CNC₂甲鉄は、スクラップの有効利用により、Ni、Cuを節約することを開発目的の第一としていたことがうかがえる。その一方で、甲鉄の耐弾性能は、従来甲鉄と同等程度を目標としていたことが確認された。

このため、以下では、靱性向上と使用原料の観点より、CNC系甲鉄の開発目的に関して考察する。

2.1 靱性向上

従来、日本海軍では、甲鉄の使用は主力艦に限られていた。しかし、1921（大正11）年に締結されたワシントン海軍軍縮条約により、主力艦建造が全面的に中止された。このため、日本海軍では、製造能力に余剰を生じた甲鉄の使用範囲を補助艦にまで拡大した。

しかし、ワシントン海軍軍縮条約により、補助艦は基準排水量10000トン、備砲8インチ以下と規定された。このため、補助艦で用いられる甲鉄は、その殆どが4インチ（100 mm）以下であった。日本海軍では、11インチ（279.4 mm）以下の甲鉄には表面硬化処理を行わず、均質甲鉄を用いた。この結果、補助艦艇の甲鉄には、当時、均質甲鉄として唯一用いられていたNVNC甲鉄が採用された。

しかし、佐々川の記述によると、NVNC甲鉄には次に示す問題点が存在した。

NVNC甲鉄は弾性限が低く、大口径の撃突による変形が大過ぎ、また中小口径弾に対しても、平頭弾を受けた場合は変形があり過ぎて、容易に貫通されることになる⁶⁾

さらに、1930（昭和5）年に締結されたロンドン海軍軍縮条約では、主力艦に続き補助艦の保有量も制限された結果、補助艦の性能向上が強く求められた。甲鉄もこの例外でなく、平頭弾に対してより耐弾性能の高い甲鉄が求められた。

このため、呉海軍工廠では、Cu添加が、「多量に加ふるときは赤熱時に於て脆性を生ずる⁷⁾」が、その一方で、「鋼に延性と靱性を与ふることにより極めて有効⁷⁾」である点より、「ニッケル及クロムの量に少量の銅を加ふるときは甲鉄として最も適当なる性質を具備する⁷⁾」との結論を導き、銅ニッケルクロム鋼⁷⁾を用いた甲鉄開発に着手する。

この結果、1930（昭和5）年10月3日に、「ニッケル・五乃至四%クロム五乃至三%銅五乃至二%を含有する鋼⁷⁾」に関する特許が日本海軍より出願された。本特許は、翌1931（昭和6）年4月23日に成立する。呉海軍工廠では、1931（昭和6）年の試作に於ける射撃試験の結果より、1932（昭和7）年に銅ニッケルクロム鋼を用いたCNC甲鉄を75 mm厚以下の甲鉄として採用した。

さらに、1941（昭和16）年には、呉海軍工廠製鋼実験部が

開発したCNC代用甲鉄が、CNC₁、CNC₂甲鉄として採用された。表4にNVNC甲鉄とCNC系甲鉄の規格⁸⁾を示す。

表4に示すように、CNC甲鉄の弾性限は、開発意図通りNVNC甲鉄より高く設定されていた。一方、CNC代用甲鉄として開発されたCNC₁、CNC₂甲鉄は、CNC甲鉄の規格を踏襲していることが確認された。

また、NVNC甲鉄とCNC₁甲鉄に関しては、米軍報告書に実測値が認められた。表5にNVNC甲鉄とCNC₁甲鉄の引張り強度に関する実測値⁹⁾を、表6にシャルピー衝撃値¹⁰⁾に関する実測値を示す。なお、用語は堀川一男『続・海軍製鋼技術物語』³⁰⁾を参考とした。

表5に示す通り、引張り強さに関しては、CNC₁甲鉄がNVNC甲鉄より高い数値を示している。一方、衝撃値に関しては、日本海軍がアイゾット衝撃値を用いたのに対して、米軍ではシャルピー衝撃値が用いられた。このため、米軍報告書の実測値はシャルピー衝撃値を用いている。しかし、表6に示すように、全体的な傾向として、NVNC甲鉄がCNC₁甲鉄より高い数値を示している。また、CNC₁甲鉄は、割れが生じ易いことも確認された。

以上の結果は、造船官が軍艦の防御力算出に用いた参考値の傾向とも一致する。表7に、艦艇計画用の参考値¹¹⁾を示す。

表7より、抗張力はCNC甲鉄がNVNC甲鉄より高く、アイゾット衝撃値はNVNC甲鉄がCNC甲鉄より1.5倍高い数値に設定されていたことがうかがえる。

以上より、CNC系甲鉄は、耐衝撃性能を下げることによ

り、NVNC甲鉄に不足していた抗張力を向上させる目的で開発されたことが確認された。

2.2 甲鉄原料

日本海軍では、甲鉄粗材の製鋼炉に酸性平炉を用いた。呉海軍工廠で用いられた酸性平炉用原料の配合比率に関しては、竹入信「呉海軍工廠製鋼部ノ平炉熔解法」に記述が認められた。表8に、甲鉄原料の配合比率¹²⁾を示す。

表6 NVNC、CNC₁甲鉄のシャルピー衝撃値

甲鉄名称	厚さ (mm)	試験方向	(ft-lb)	
			温度 (°C)	
			0	50
NVNC	305	タテ	71FG	105F
			66FG	98F
		ヨコ	65FG	58F(L)
			65FG	68F(L)
	152	タテ	53F*	54F
			54F	53F
		ヨコ	60F	58F
			60F	66F
	83	タテ	68F	65F
			62F	64F
		ヨコ	55F	70F
			55F	68F
CNC ₁	83	タテ	62F*	54F*
			52F*	56F*
		ヨコ	40F	52F
			38F	52F
	76	タテ	68F*	58F
			70F*	60F
		ヨコ	56F	56F
			52F	55F

FG:繊維状一部粒状, F:繊維状
L:ラミネーション, *:小割れ

表4 NVNC甲鉄とCNC系甲鉄の規格

甲鉄名称	厚さ (mm)	弾性限 (kg/mm ²)	抗張力 (kg/mm ²)	伸び (%)	収縮 (%)	衝撃 (ft-lb)
NVNC	>180	> 40	75 ± 10	> 20	> 40	> 30
	180~75	> 45	80 ± 8	> 19	> 40	> 28
	75>	> 50	85 ± 6	> 18	> 40	> 25
CNC	75>	> 60	85 ± 6	> 19	> 40	> 30
CNC ₁	100~38	> 60	80 ~ 90	> 19	> 40	> 30
CNC ₂	37>	> 60	80 ~ 90	> 19	> 40	> 30

注：30ft-lb ≒ 41J

表7 75mm厚以下甲鉄の艦艇設計用参考値

甲鉄名称	抗張力 (kg/mm ²)	伸び (%)	アイゾット (ft-lb)
NVNC	80	25	52
CNC	85	20	35

表8 配合表

		(%)		
原料		PL ₁	PL ₁₀	PL ₁₁
銑鉄	本溪湖低磷銑	29.4	29.4	29.4
	ルッペ	0.6	0.6	0.6
スクラップ	G ₁	10		
	PL ₁	40		
	PL ₁₀		45	
	PL ₁₁			35
自家製精鋼材	A	15		20
	AC		20	
電気炉製精鋼材	㊦	5		
	㊣		5	
	㊢			15
Ni		13kg/T	7kg/T	10kg/T

表5 NVNC、CNC₁甲鉄の引張り強度

甲鉄名称	厚さ (mm)	試験方向	弾性限 (kg/mm ²)	抗張力 (kg/mm ²)	伸び (%)	収縮 (%)
NVNC	305	タテ	61.2	72.0	23.3	64.2
		ヨコ	56.5	71.1	19.5	48.2
	152	タテ	51.9	75.5	26.0	57.3
		ヨコ	51.6	75.4	27.3	59.6
	83	タテ	62.3	79.7	25.0	64.0
		ヨコ	50.5	76.7	24.5	57.8
CNC ₁	83	タテ	69.8	85.1	23.5	60.1
		ヨコ	69.9	84.9	20.2	49.2
	76	タテ	65.3	81.6	22.5	60.2
		ヨコ	60.5	83.8	22.8	54.4

平炉製鋼法では、順調な精錬作業に入る熔落成分として、 $C > 1.3$ 、 $Mn > 0.3$ 、 $Si > 0.4\%$ が必要なため、低磷銑鉄が30%装入された¹³⁾。銑鉄と共に装入される屑鉄は、その大半が自家発生屑で、甲鉄規格以外では砲身材G₁と魚雷気室材V₇が主に用いられた。表9に、砲身材G₁と魚雷気室材V₇の成分規格¹⁴⁾を示す。

日本海軍では、自家発生屑の不足分を補う原料として、高炉銑や旋盤屑などを塩基性平炉や電気炉を用いて特にP、Sの低減化した鋼塊を「精鋼材」と称して使用した。精鋼材は、1904(明治37)年より製造が開始され、塩基性平炉製精鋼材では、1%位の熔落Cを得るために30~50%の塩基性平炉用銑を配合した旋盤屑や購入屑が、8~10%の石灰と共に平炉に装入された¹⁵⁾。精鋼材は熔解後、赤鉄鉱4~5kg/t、焼石灰5~70kg/t、蛍石1.5~4.0kg/t程度の造滓剤を用いて $P \leq 0.035\%$ 、 $S \leq 0.045\%$ にまで精錬され、Fe-Mn 3.5~7.5kg/tと場合によりFe-Siを若干添加して¹⁶⁾、一個2.2トンの円柱型鋼塊¹⁷⁾に造塊された。表10に塩基平炉製精鋼材規格¹⁸⁾を、表11に電気炉製精鋼材規格¹⁹⁾を示す。

精鋼材は、出鋼の際に行われる取鍋分析の結果を元に、含有するP、S、Ni、Cr、Mo、Cuの量に従って分類された。この際、表10に示すように、 $P > 0.035$ 及び $S > 0.045$ のものは廃品として再熔解された。

表9 成分規格

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
G ₁	0.20 ~0.30	0.05 ~0.30	0.30 ~0.70	~0.035	~0.030	3.0 ~4.0	0.60 ~1.00		~0.20
V ₇	0.22 ~0.32	0.05 ~0.30	0.6 ~1.0	~0.030	~0.030	1.4 ~2.0	0.9 ~1.3	0.4 ~0.6	0.8 ~1.2

表10 自家製精鋼材

	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
A	≤ 0.02	≤ 0.03	≥ 1.0	≥ 1.0	—	< 0.3
㊦			0.5 ~ 1.0			
㊧			< 0.5			
B	≤ 0.035	≤ 0.045	≥ 1.0	≥ 1.0	—	< 0.3
㊨			0.5 ~ 1.0			
㊩			< 0.5			
㊪C	≤ 0.02	≤ 0.03	0.5 ~ 1.0			≥ 0.3
AMC	≤ 0.02	≤ 0.03	≥ 1.0		≥ 0.05	≥ 0.3
廃品	> 0.035	> 0.045				

表11 電気炉製精鋼材

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
㊰	0.40 ~0.50	0.15 ~0.20	0.20 ~0.30	0.015 ~0.025	0.005 ~0.015	3.3 ~3.8	1.5 ~1.7	~0.4	0.10 ~0.15
㊱	0.40 ~0.50	0.09 ~0.15	0.25 ~0.30	0.014 ~0.020	0.003 ~0.010	2.7	1.0	Tr	0.90
㊲	0.35 ~0.60	0.10 ~0.17	0.25 ~0.30	0.010 ~0.020	0.005 ~0.010	3.5 ~3.8	1.7 ~1.8	0.1 ~0.3	0.1 ~0.30

日本海軍では、装入地金の配合時に、原価低減を目的として屑鉄の含有元素を計算して金属地金や合金鉄の消費節減に努めた。しかし、Crが高過ぎると精錬が困難となるため、その点を考慮して配合が行われた²⁰⁾。

現在、実作業時の配合比率に関しては、堀川一男『海軍製鋼技術物語』にPL₁、竹入佶「呉海軍工廠製鋼部ノ平炉熔解法」にPL₁₀の配合実績が認められる。表12に、実作業時の配合実績²¹⁾を示す。

堀川、竹入の記録は、実習メモのため書式が異なり、厳格な比較は不可能である。しかし、表12に示すように、PL₁₀(1931年6月25日操業)は、PL₁(1932年2月5日操業)に比して、Ni並びにFe-Crの添加量が少なく、Cu添加により、PL₁に対してNiで30%、Crで50%程度添加量を削減した効果が認められる。

以上より、CNC甲鉄は、Cu添加により「価格低廉なる甲鉄を得る²²⁾」目的を達成したことが確認された。

一方、CNC₁、CNC₂の開発やその意図に関しては、米軍提出資料の次に示す記述が確認されるのみである。

従来ノ薄甲鉄(NVNC及CNC)ハ『ニッケル』及銅ノ含有量大ナル為之ガ製造ニ際シテハ生『ニッケル』及生銅ヲ多量ニ必要トセリ。

然ルニ数年ニ亙ル研究ノ結果得ラレタル新材質(CNC1及CNC2)耐弾効力従来ノモノニ比シ寧口優秀ニシテ而モ

表12 配合実績

	操業日	PL ₁ 1932年2月5日	PL ₁₀ 1931年6月25日
装入物	本溪湖銑 ルッペ	14000	11880 240
	砲身屑 G ₁	4800	
	甲鉄屑 PL ₁	18900	
	PL ₁₀		18600
	精鋼材 A	9900	7500
	㊳		2200
付加材料	Ni	800	422
	Fe-Si	100	—
	木炭	60	
	Fe-Mn	100	143
	Fe-Si-Mn	100	
	代用 Fe-Si-Mn		102
	Ni	50	
	Fe-Cr	1010	418
	代用 Fe-Cr	100	
	分銅		223
	Al	25	—
	銑鉄	250	800
	鉄鉱石	408	480
	スケール	500	512
	石灰石	248	217
	焼石灰	60	

『ニッケル』及銅ノ含有少キタメ熔製上生『ニッケル』及生銅ノ使用ヲ要セズ気室材(V7)及甲板材(NVNC, MNC及CNC)ノ『スクラップ』ハ全面的ニ活用セラレ得ルコトナリタリ²³⁾。

文中より、CNC₁、CNC₂は、PL₁、PL₁₀で不可欠なNi、Cuの添加を極力減らすために、Ni、Cuの含有量をスクラップ等から回収可能な範囲に留めたことが確認された。また、Mo添加により、「大和」型戦艦以外では殆ど採用されなかったMNC甲板(PL₁₁)屑や、魚雷気室材V₇屑と言ったMo添加型鋼材の再利用を可能とし、「スクラップ」ノ循環使用ヲ円滑ナラシメ²⁴⁾る目的を達成したと考える。

3 CNC系甲板の利用

前述したように、CNC系甲板は、耐衝撃性能を下げることで、NVNC甲板に不足していた抗張力を向上させる目的で開発された。CNC甲板採用前後の防御要領の変更例として、図2にCNC甲板開発前に建造された巡洋艦「妙高」²⁵⁾を、図3にCNC甲板採用後に建造された巡洋艦「最上」の断面図²⁵⁾を示す。

図2、図3より、水平防御にCNC甲板が用いられたことが確認された。その一方で、垂直防御には、75 mm厚以下であっても従来通りNVNC甲板が用いられており、75 mm厚以下の甲板として、NVNC甲板とCNC甲板が併用されたことが確認された。

軍艦の直接防御は、垂直防御と水平防御に大別される。この内、垂直防御は、着弾する敵弾の撃角が小さいため、弾丸の衝撃力全てを吸収する耐衝撃特性が求められる。これに對

して、水平防御は、撃角が大きいため、可能ならば弾丸を滑跳させる硬度と靱性が求められる。この結果、垂直防御には高い耐衝撃特性を有するNVNC甲板が、水平防御には弾性限、抗張力が高いCNC甲板が採用された。

しかし、1934(昭和9)年12月、日本海軍のワシントン条約破棄通知に基づき、1936(昭和11)年末日を以てワシントン、ロンドン両海軍軍縮条約が失効する。この結果、条約の排水量枠の関係から、条約期間中建造出来なかった5500トン型巡洋艦代艦や、大型航空母艦等が相次いで起工された。

従来、5500トン型巡洋艦の防御は、その性格より艦近傍に着弾した砲弾の断片に対する防御(弾片防御)として高張力鋼が主に用いられていた。一方、航空母艦では、敵前衛部隊との遭遇戦対策として、弾薬庫の防御にのみ甲板が採用されていた。しかし、5500トン型巡洋艦代艦では継戦能力²⁶⁾の観点から、航空母艦では条約失効に伴い大型化が可能となったため、甲板の採用範囲が大幅に拡大された。

5500トン型巡洋艦代艦や大型航空母艦は、従来、想定されていた中で最も軽い8in砲弾(125.85 kg²⁷⁾)の半分以下の重さしかない6.1in砲弾(55.85 kg²⁷⁾)を主な対象とした。このため、5500トン型巡洋艦代艦や航空母艦の防御計画では、垂直防御にも積極的にCNC甲板が用いられた。図4に、6.1in以下の砲弾防御の代表として巡洋艦「阿賀野」の断面図²⁸⁾を示す。

しかし、甲板採用艦種の拡大は、貴重資源の使用量削減を目的として開発されたCNC甲板であっても、Ni、Cr等貴重資源の使用量増加を招いた。

この結果、前述したように、「貴重資源をスクラップの活

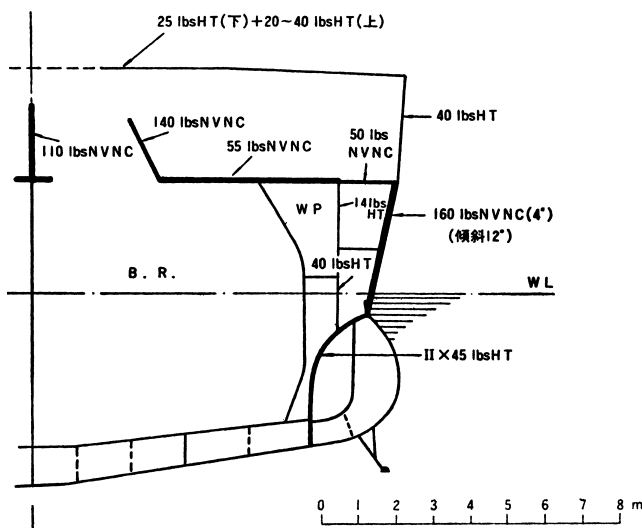


図2 巡洋艦「妙高」の断面図

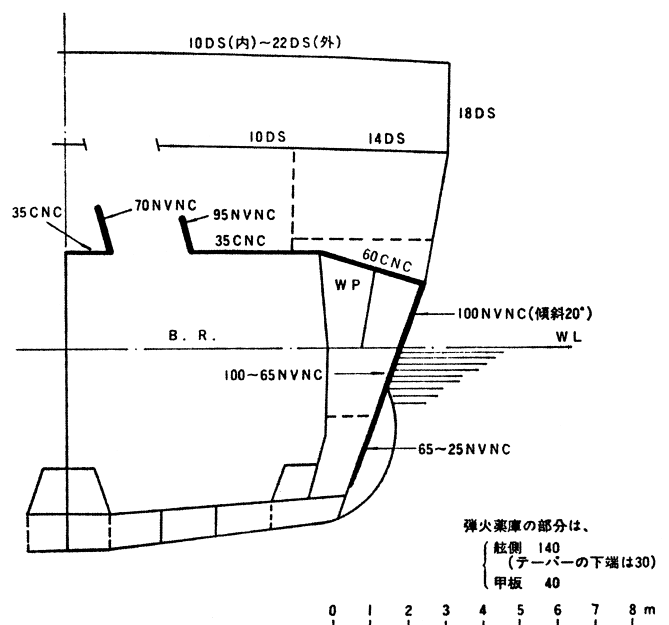


図3 巡洋艦「最上」の断面図

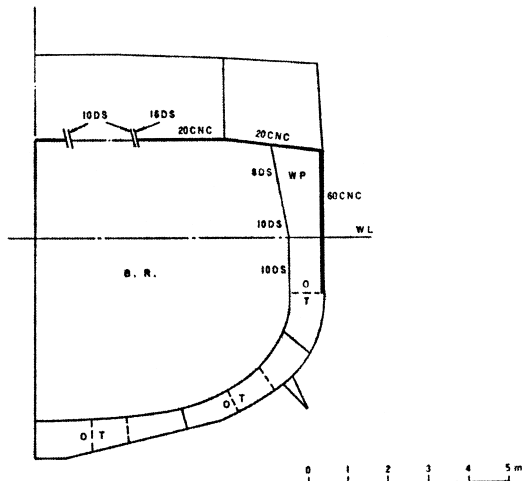


図4 巡洋艦「阿賀野」の断面図

用で節約する目的で²⁹⁾ CNC₁、CNC₂甲鉄が開発された。しかし、CNC₁、CNC₂甲鉄の開発後間もなく開戦した太平洋戦争では、巡洋艦以上の艦艇の殆どが、その建造を中止された。この結果、実際にCNC₁、CNC₂甲鉄を採用した艦艇は、「雲竜」型空母が確認されるのみである。

4 まとめ

従来、その詳細が不明であったCNC系甲鉄に関して、特許91154号と堀川が米軍に提出した資料にその開発意図が、米軍報告書にその工学的特性が、当事者の実習メモにその製造工程の詳細が記載されていたことが明らかとなった。

この結果、日本海軍が独自開発した最初のCu添加型甲鉄、即ち、CNC甲鉄は特許91154号より次の2点を目的として開発されたことが確認された。

1. 耐弾性能の向上
2. 甲鉄価格の引き下げ

このうち、耐弾性能の向上に関しては、米軍報告書より、従来用いられていたNVNC甲鉄に比して、弾性限が高く、所期の目的が達成されていたことが確認された。しかし、造船官が実際に用いた参考値では、NVNC甲鉄に比してアイゾット値が低く設定されていた。

このため、大きな衝撃力を受ける垂直防御用甲鉄では、従来通りNVNC甲鉄が用いられた。この結果、75 mm以下の甲鉄では、NVNC甲鉄とCNC甲鉄が併用されていたことが確認された。

一方、甲鉄価格の引き下げに関しては、配合表では明確な差違が認められなかった。しかし、当事者の実習メモより、実作業時の装入実績では、Ni、Fe-Crの装入量に明確な差違が生じており、甲鉄価格の引き下げに関して、所期の目的

が達成されたことが確認された。

また、CNC甲鉄採用以後、甲鉄採用艦種に加えられた軽巡洋艦や航空母艦には、要求される耐弾性能が低かったため、積極的にCNC甲鉄が採用された。しかし、甲鉄採用艦種の拡大は、他の甲鉄に比して低廉なCNC甲鉄であっても、Ni、Cr等貴重資源の消費拡大をまねいた。

このため、スクラップの有効利用により、Ni、Cu等貴重資源の使用削減を主眼としてCNC₁、CNC₂甲鉄が開発されたことが、堀川が米軍に提出した資料より確認された。

以上より、CNC甲鉄は、水平防御用甲鉄としてNVNC甲鉄に不足していた靱性を有しており、耐弾性能の向上に関しては、所期の目的を達成したと考える。また、甲鉄価格の引き下げに関しては、甲鉄採用艦種拡大を容易とした点より、所期の目的以上の成果が得られたと考える。

一方、CNC₁、CNC₂甲鉄は、甲鉄製造に不可欠であったNi等貴重資源の消費を著しく削減した上、量的に再利用が困難であったMo添加型鋼材の再利用を可能とした点より、甲鉄史上類を見ない製造特化型甲鉄であったと考える。

本稿をまとめるにあたり、有益な議論を頂きました堀川一男（元海軍技術少佐）、館充（東京大学名誉教授）ならびに寺島慶一（千葉工業大学工学部教授）に厚く感謝申し上げます。また、日本海軍関係者作成資料に関して御助言を頂きました昭和館図書情報部長戸高一成氏、特許調査に協力いただきましたマツダ株式会社丸子敬生氏にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 海軍艦政本部規格より抜粋
- 2) 堀川一男：海軍製鋼技術物語，(2000)，28.
- 3) U.S.Navy：Japanese Heavy Armor，(1946)，9より作図
- 4) 佐々川清：鉄と鋼，53 (1967) 9，41.
- 5) 堀川一男：呉海軍工廠製鋼部史料集成，(1996)，349.
- 6) 佐々川清：鉄と鋼，53 (1967) 9，49.
- 7) 特許第91154号，1931年4月23日
- 8) 佐々川清：鉄と鋼，53 (1967) 9，46，堀川一男：呉海軍工廠製鋼部史料集成，(1996)，351より作成
- 9) U.S.Naval Proving Ground：Ballistic test and Metallurgical examination of Japanese heavy armor，(1947)，20.
- 10) U.S.Naval Proving Ground：Ballistic test and Metallurgical examination of Japanese heavy armor，(1947)，21.
- 11) 福田啓二：軍艦基本計画資料，(1989)，88より作成
- 12) 竹入信：呉海軍工廠製鋼部史料集成，(1996)，119.
- 13) 堀川一男：海軍製鋼技術物語，(2000)，85.

- 14) 海軍艦政本部規格より抜粋
- 15) 堀川私信, 15.8.15, 堀川一男によれば, 日本海軍では, 塩基性平炉用銑はその組成が比較的安定しているのに対して, 旋盤屑や購入屑は切削油等の混入物によりP, S等が大きく変動するため, これらの混入状態を特に重視した。
- 16) 堀川一男: 海軍製鋼技術物語, (2000), 106.
- 17) 堀川一男: 海軍製鋼技術物語, (2000), 60.
- 18) 堀川一男: 海軍製鋼技術物語, (2000), 61.
- 19) 竹入侑: 呉海軍工廠製鋼部史料集成, (1996), 118.
- 20) 堀川一男: 海軍製鋼技術物語, (2000), 85.
- 21) 堀川一男: 海軍製鋼技術物語, (2000), 90, 竹入侑: 呉海軍工廠製鋼部史料集成, (1996), 126より作成
- 22) 特許第91154 号
- 23) 堀川一男: 呉海軍工廠製鋼部史料集成, (1996), 350.
- 24) 堀川一男: 呉海軍工廠製鋼部史料集成, (1996), 349.
- 25) 海軍砲術史刊行会: 海軍砲術史, (1975), 175.
- 26) 損害を受けた際に戦闘を継続する能力
- 27) 海軍砲術史刊行会: 海軍砲術史, (1975), 356.
- 28) 海軍砲術史刊行会: 海軍砲術史, (1975), 176.
- 29) 堀川一男: 海軍製鋼技術物語, (2000), 160.
- 30) 堀川一男: 続・海軍製鋼技術物語, (2003), 56.
- (2003年9月8日受付)