

自動車リサイクル連携高度化事業等成果報告会  
於 全日通震ヶ関ビルディング8階大会議室B  
東京都千代田区霞が関3-3-3

# 鉄スクラップの高度利用化調査事業報告

2013年7月9日  
東京製鐵(株)技術開発部  
中西 栄三郎



## 目次

- 本調査事業の目的
- 自動車用鋼板としての目標/目標値について
  
- 材料創製方針
- 具体的実施方策について
- 試作材の調査結果
- 製造条件変動と特性ばらつきについて
  
- 資源性と自動車産業との循環について
- 今後

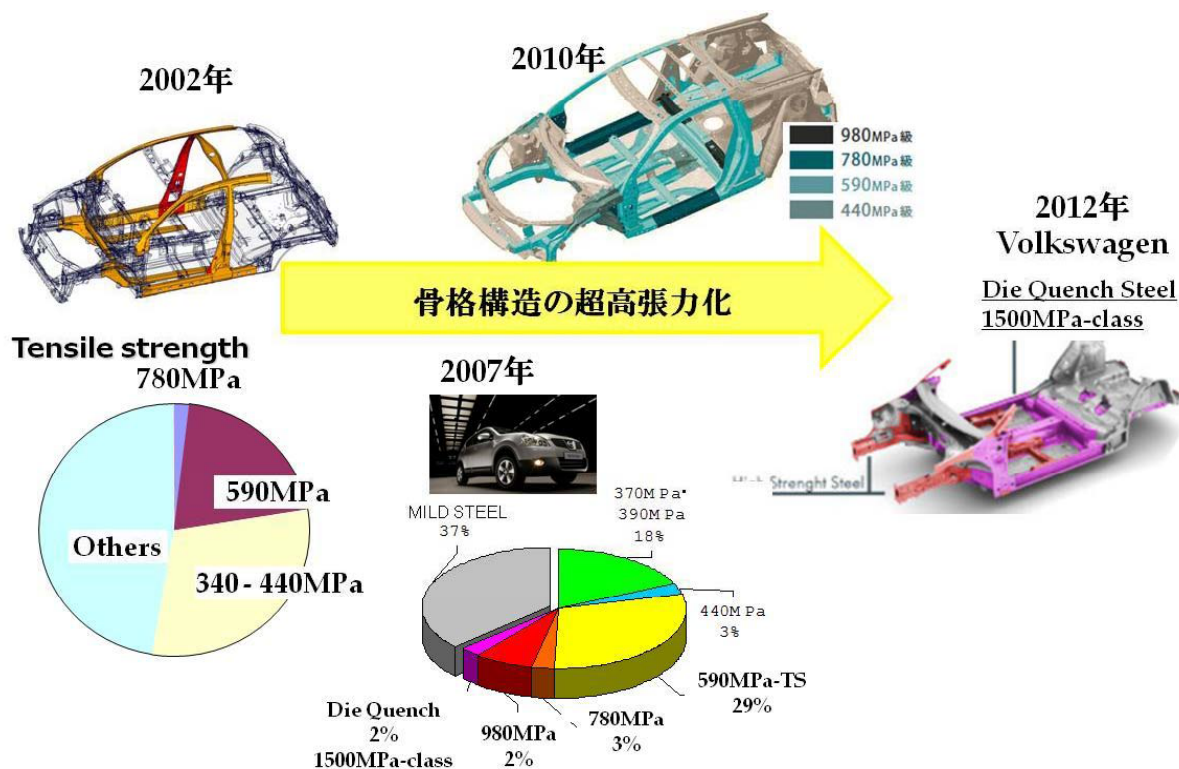
## 本事業の目的

貴重な国内資源である鉄スクラップの利用用途の拡大すること、及びこのことから派生する経済的・環境的効果をめざし、

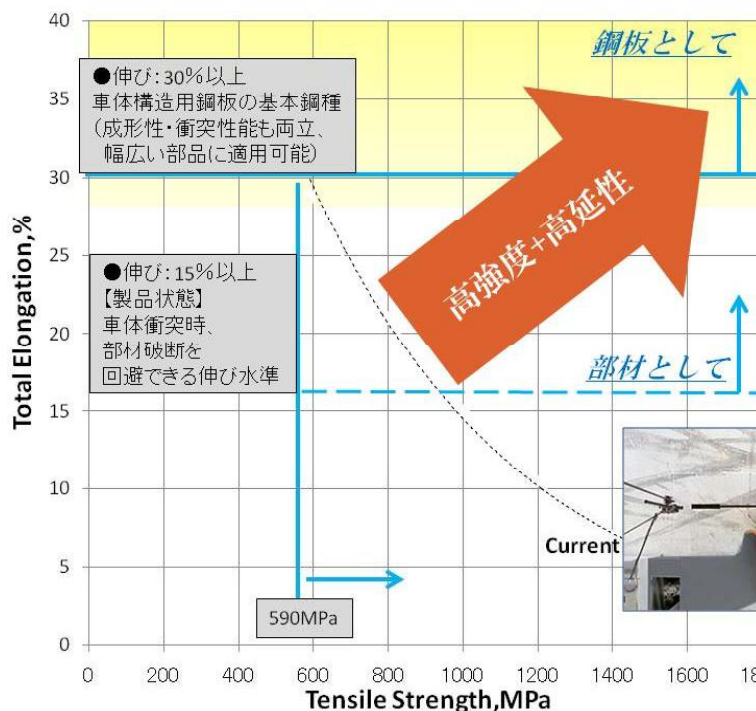
- ◇ 鉄スクラップを原料とし、
- ◇ 自動車用の構造用高張力鋼板を試作し、
- ◇ 車体に要求される各種特性を評価・検討する。

上記を実施。

## 自動車の車体用鋼板 高張力化の流れ



# 鉄スクラップを用いて製造する高強度鋼板の特性目標



●伸び:30%以上  
車体構造用鋼板の基本鋼種  
(成形性・衝突性能も両立、  
幅広い部品に適用可能)

●伸び:15%以上  
【製品状態】  
車体衝突時、  
部材破断を  
回避できる伸び水準

**試作鋼板の目標**

- 鋼板の厚みは、現在、自動車の車体で使用されている構造用鋼板と同等。
- 張力特性も、現在、自動車の車体で使用されている構造用鋼板と同等以上。

⇒ 590MPa以上の引張り強さ(TS)。TSと全伸び(EL)の積が、現在自動車の車体で使用されている構造用鋼板と同等以上。



**Small overlap front crash test**

過大な局所入力を伴う衝突事故下での安定したエネルギー吸収を可能とする材料・構造が求められる。

## 試作高強度鋼板の特性目標値

高強度化への対応と延性をバランスさせる観点と、現行高炉材水準並の特性を得ることを目標として、

現行の代表的な高炉材	
590MPa-DP鋼	TS:600MPa, EL:27%, TS×EL=16200MPa・%
980MPa-DP鋼	TS:1000MPa, EL:16%, TS×EL=16000MPa・%

- ◇ 引張り強さ(TS):約1000MPa級
- ◇ 強度(TS)・伸び(EL)バランス TS×EL≥16000MPa・%

を特性目標値とした。



## 高強度・高延性鋼の試作創製方針(1)

① 980MPa級の高強度と高延性の両立、②熱延プロセスで安定した製造性を実現させるため、

- ◆ 加工熱処理による前 $\gamma$ 粒の細粒化
- ◆ 微細 $\gamma$ 粒からの下部ベイナイト組織を基地組織とし、
- ◆ 下部ベイナイトの炭化物と微細MAIによる高歪硬化率の実現(⇒高のび)

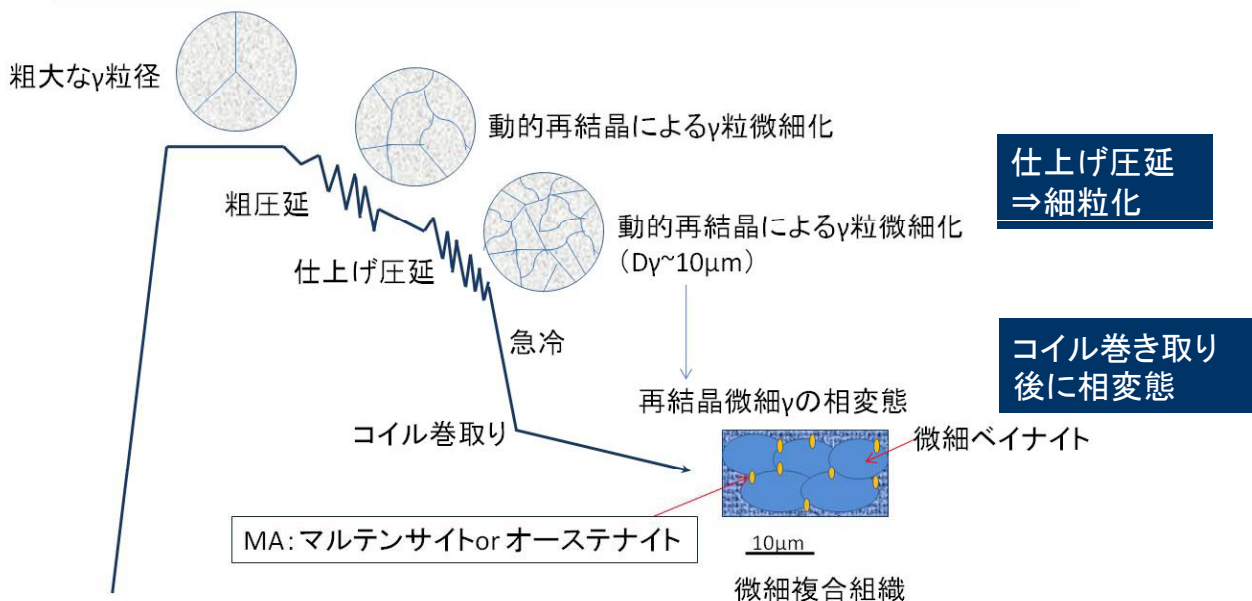
を組織創製方針とし、その製造プロセスは以下とした。

- ◆  $\gamma$ 域での粗・仕上げ圧延(加工熱処理) (前 $\gamma$ 粒径:10 $\mu$ mレベルを狙い)
- ◆ 仕上げ圧延~コイル巻き取りまでは急冷し、 $\gamma$ 組織のままとし、
- ◆ コイル巻き取り後に、ベイナイト変態させる。

組成としては、CCT線図における $\gamma$ 領域の拡大とパーライト生成の抑止、コイル巻き取り温度での安定したベイナイト変態領域が確保出来る成分を選択。

## 高強度・高延性鋼の試作創製方針(2)

NIMS: 超鉄鋼プロジェクトの微細結晶粒組織の考え方を、ベイナイト組織を基地組織として応用。



シンプルで変動要因の少ない製造プロセス

## 試作鋼の成分決定について

Si-Cr-Mo系による微細炭化物の析出、再結晶 $\gamma$ の安定(粗大化抑制)、パーライト生成の抑制、溶接部靱性を考慮した組成設計とした。

鉄原料は、100%スクラップ。ヘビー屑と新断ち屑は、50:50の配合。

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
	%								
目標値	0.19 (0.18以上~0.20未満)	1.00 以上	0.40	0.015	0.003	0.30	0.10	1.00 以上	0.3
製鋼	0.182	1.108	0.53	0.029	0.005	0.16	0.11	1.01	0.30
スラブ	0.181	1.074	0.52	0.029	0.005	0.15	0.10	1.01	0.30
製品	0.193	1.091	0.45	0.025	0.005	0.14	0.06	0.98	0.33

	V	Nb	Sn	Pb	B	Ca	Ti	Al	O	N
	%								ppm	
目標値			0.015					0.030	20 (30)	40 (70)
製鋼	0.017	0.007	0.018	0.010	0.0016	0.0020	0.008	0.023	36	78
スラブ	0.017	0.006	0.017	0.000	0.0016	0.0010	0.008	0.022	21	76
製品	0.011	0.004	0.012	0.001	0.0019	0.0011	0.007	0.023	36	68

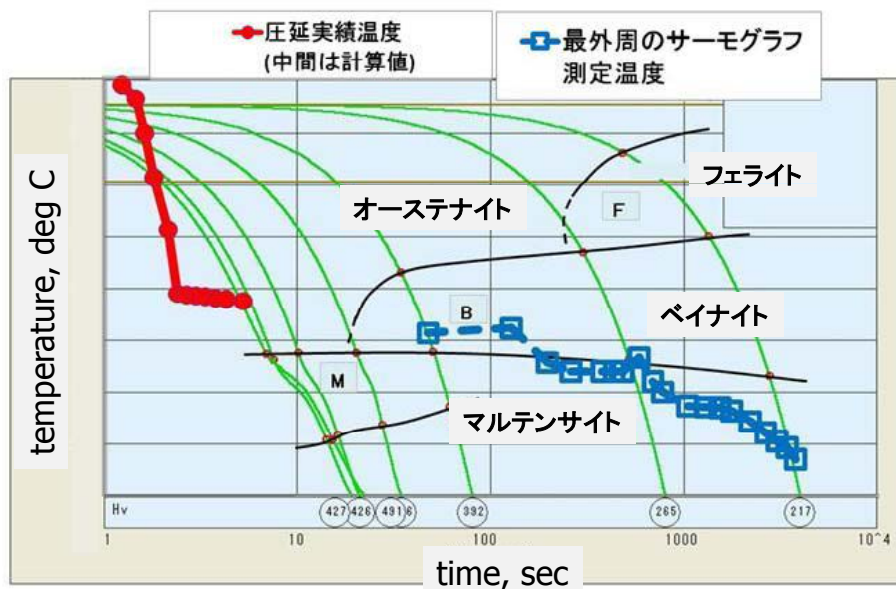
(REM成分)

Sc	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
<0.001	<0.001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

## 実機コイルの製造条件実績

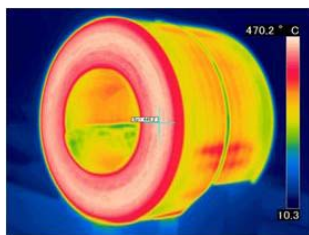
圧延スタンド間の逐次再結晶(前ページ)による前 $\gamma$ 粒径の微細化の後、仕上~巻取~倉庫の徐冷を経る、目的通りの温度推移となった。これにより、微細ベイナイトとMA分散の目的組織を得ることが出来た。



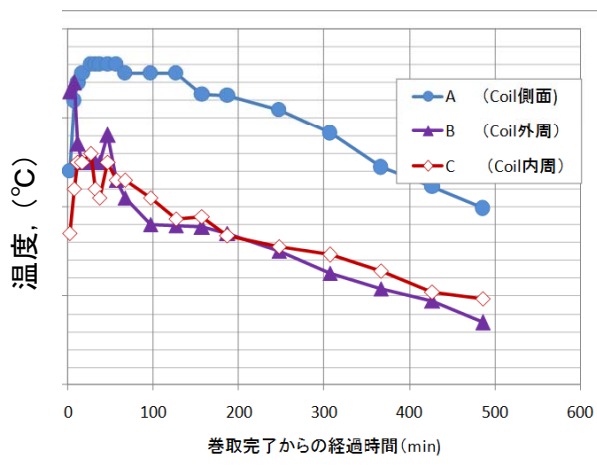
# 実機コイルの製造条件実績(コイル冷却実績)

変態潜熱のため、コイルが冷えにくく、変態温度域に長時間保持されたと推定される。(創製方針からの予測結果通り)

圧延後のコイル  
(サーモビューワによる温度状態)



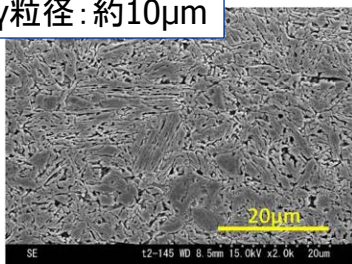
(巻取り後1時間)



# 実機試作鋼は、目的組織が得られたのか？

ほぼ想定通りの組織創製が出来た。

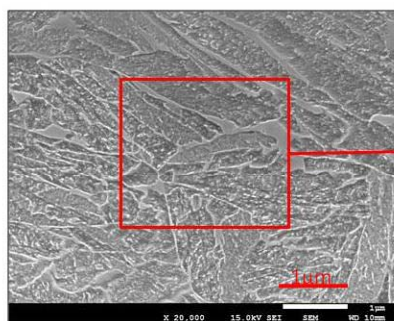
前γ粒径: 約10μm



最適な圧下率と、スタンド間冷却・FDT・CTの温度制御による組織の創製。

- ◇ 細粒な前γ粒径 約10μm
- ◇ 微細炭化物析出したベイナイト+微細MA組織

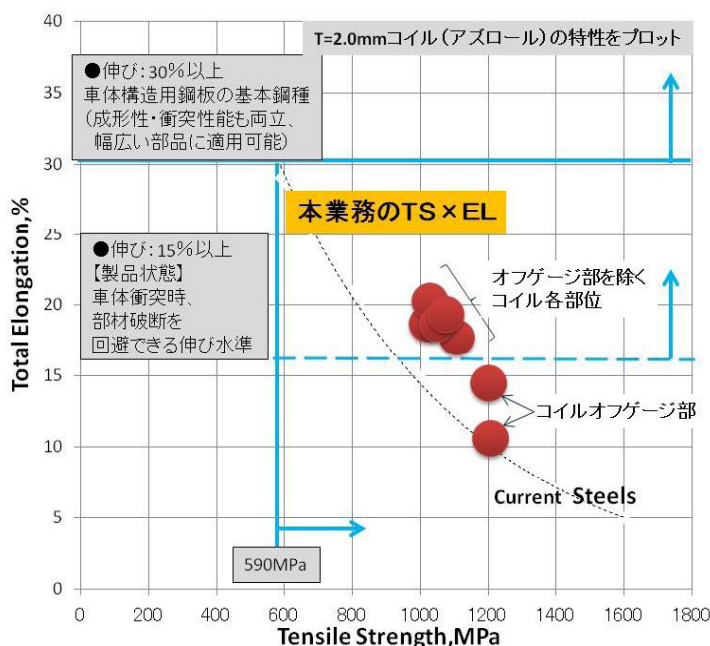
ベイナイト+微細MA組織



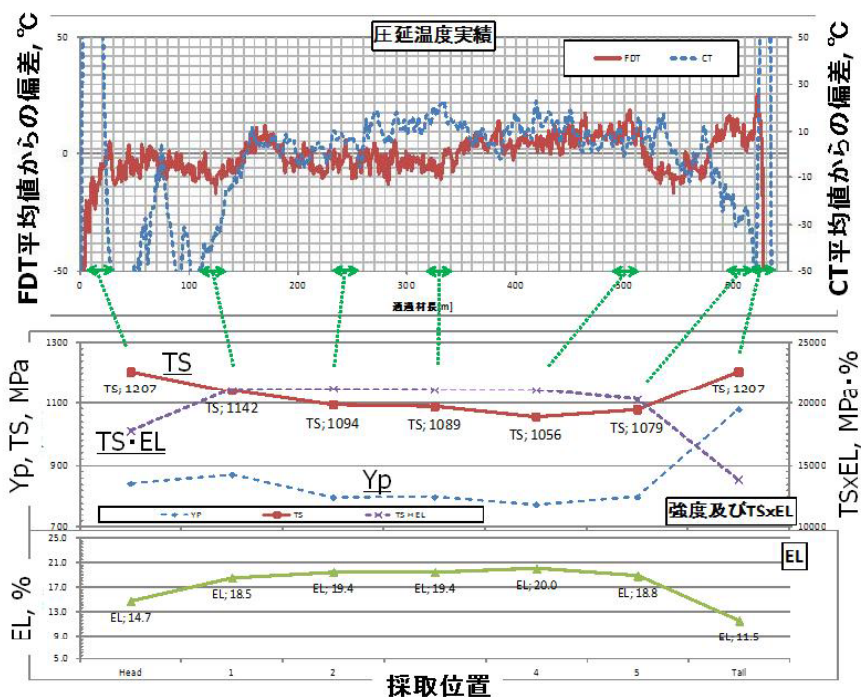


# 実機コイルの強度-伸び特性

現行高炉材と比較しても、十分良好な強度-伸びバランスが得られ、目標のTS×EL積を満足することが確認された。(コイル先端と尾端のオフゲージ部を除く部分)



# 製造条件変動と特性ばらつきについて



コイル全長にわたり、安定して高いTS×ELバランスが得られた。

(FDT:仕上圧延出側温度、CT:コイル巻取り温度)

採取位置	Head	1	2	3	4	5	Tail
TS	1207	1142	1094	1089	1056	1079	1207
EL	14.7	18.5	19.4	19.4	20.0	18.8	11.5
TS×EL	17743	21127	21224	21127	21120	20285	13881

## 車体用鋼板としての各種要求特性評価結果

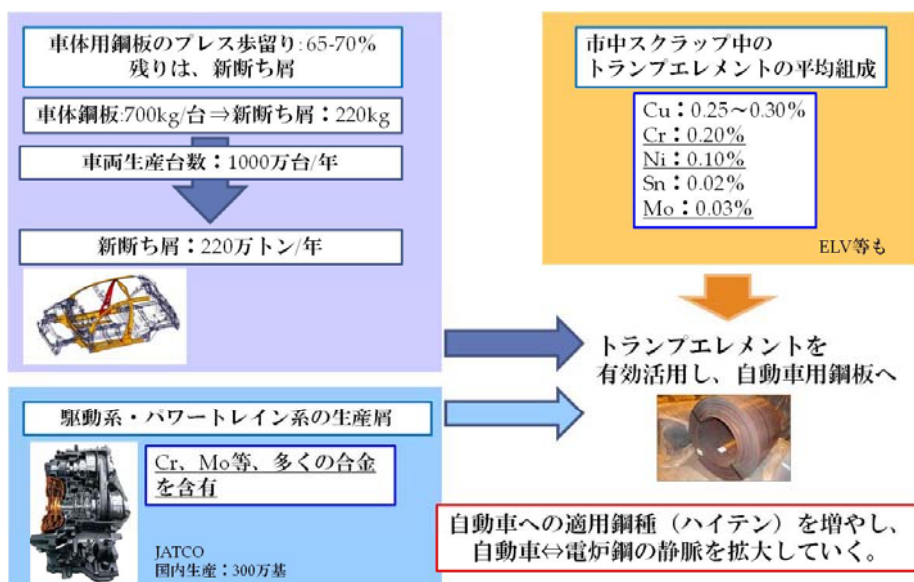
利用上の基本特性については、一通り満たすことが出来る。

評価内容		適否	備考
金属組織	目標組織(ベイナイト、MA)	○	目標組織が得られている。
	結晶粒細粒化(前γ 粒径:10μ m)	○	目標前γ 粒径が得られている。
	偏析	△	板厚中央部に偏出帯が多く認められる。製造条件の調整により、改善は可能。
機械的性質	TS	○	現行高炉980MPa材と同等以上
	EL	○	↑
	TS×EL	○	↑ (現行高炉590MPa材と同等以上)
成形性	穴広げ性	○	現行高炉980MPa材と同等
	エリクセン値	○	↑
	深絞り試験(限界絞り比)	○	↑
	FLD	○	↑
溶接性 (スポット溶接性)	TSS	○	JISを満足する
	CTS(破断形態)	○	安定破断モード
ハット部材の 衝撃特性	衝撃特性 (静的圧潰)	(○)	静的圧潰試験で、接合部破断の改善を確認。
耐食性	SST(塩水噴霧試験)	○	腐食減量、問題無し。
	GCT(複合サイクル腐食試験)	○	クロスカット腐食、問題無し。
	SDT(塩温水浸漬試験)	○	クロスカット腐食、問題無し。

## 資源性と自動車産業への循環について

市中スクラップに加え、自動車産業から発生する鉄スクラップを使って、その含有する合金を有効活用することにより、安価で高機能な鋼板供給の循環が期待できる。

ELVを含めた老廃スクラップと生産屑の使いこなしにより鉄原料の安定供給が期待される。





## 今後の課題と進め方

今回の調査事業で、鉄原料:100%スクラップから、現行高炉材水準以上の高強度-高延性鋼板を製造可能ことがわかった。今後、自動車への適用を進めるにあたっては、以下の課題に取り組むことが重要と考えられる。

- 1) 車体鋼板の高張力化に伴う薄板化への対応。
- 2) スクラップ品種を効率的に配合活用することによる含有合金の効率的活用。(コスト競争力向上)
- 3) 上記を通じて、供給鋼種の拡大。

**足元にある資源の徹底利用と高付加価値製品へのコンバージョン**