

共同研究
「アレスト試験を代替する簡易試験法
に関する研究開発」
成果の概要

2015年1月



一般財団法人 日本海事協会
一般社団法人 日本溶接協会 ATE2委員会

◆事業の目標

- (1) アレスト試験法を代替する簡易試験方法の検討
- (2) 簡易試験方法の標準化
- (3) 簡易試験方法を用いたアレスト特性評価指針の作成

◆期間

2012年4月～2015年1月(3年間)

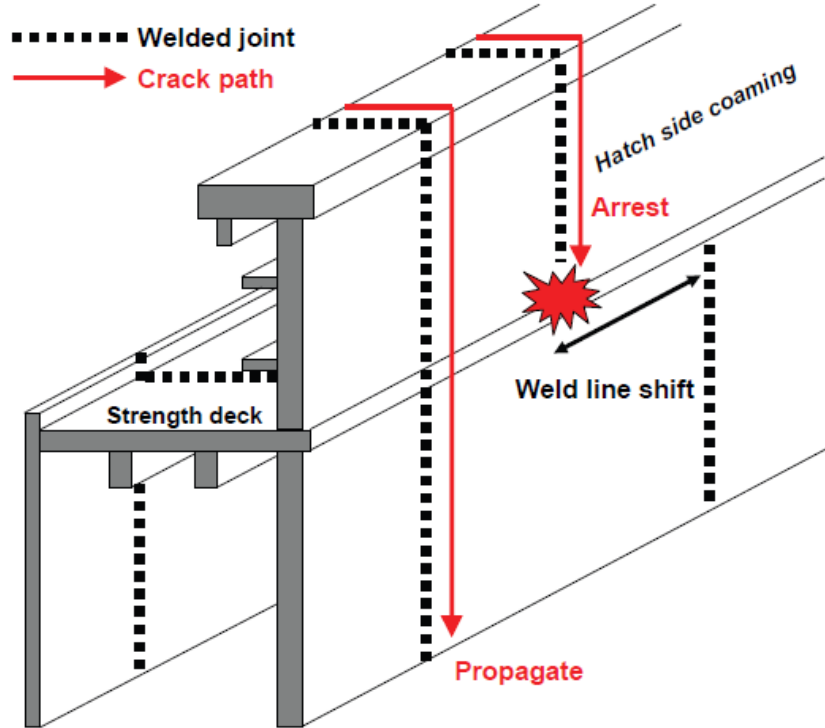
◆参加メンバー

上智大学、東京大学、名古屋大学、筑波大学、海技研、
日本海事協会、
新日鉄住金、JFEスチール、神戸製鋼所、
日本溶接協会

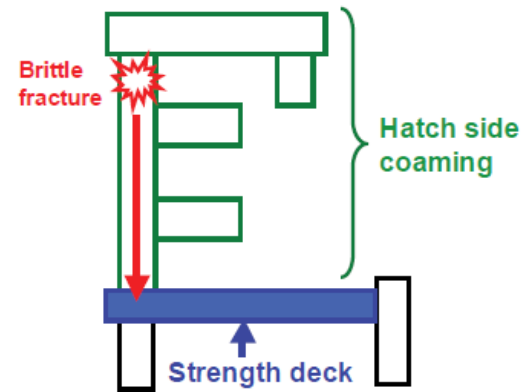
[1] 背景と目的

溶接鋼構造物の脆性破壊防止

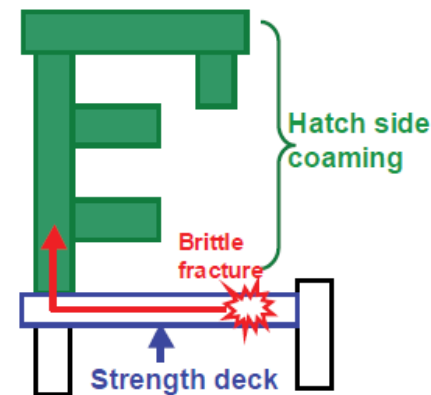
- ・発生防止（溶接部の検査、溶接部靱性）
- ・万が一発生した亀裂の停止（母材のアレスト靱性、構造）



Scenario 1

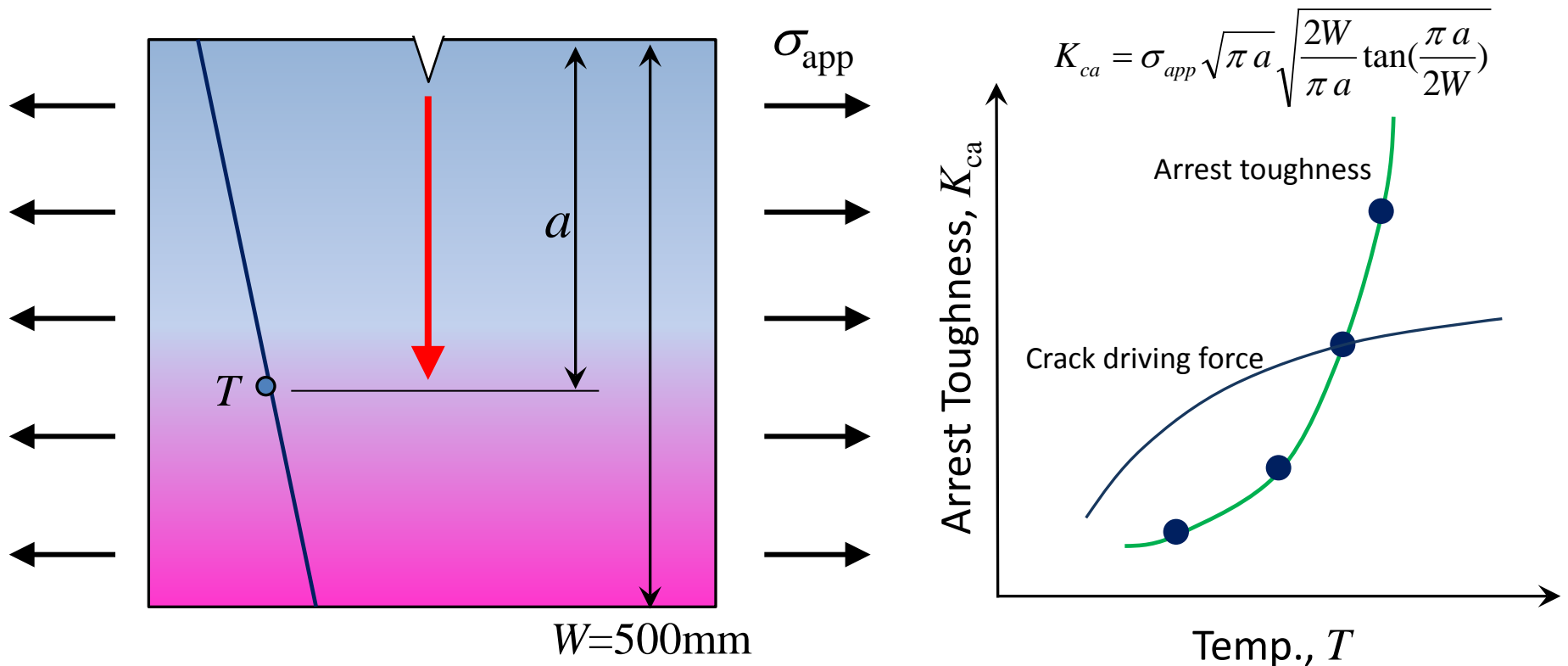


Scenario 2



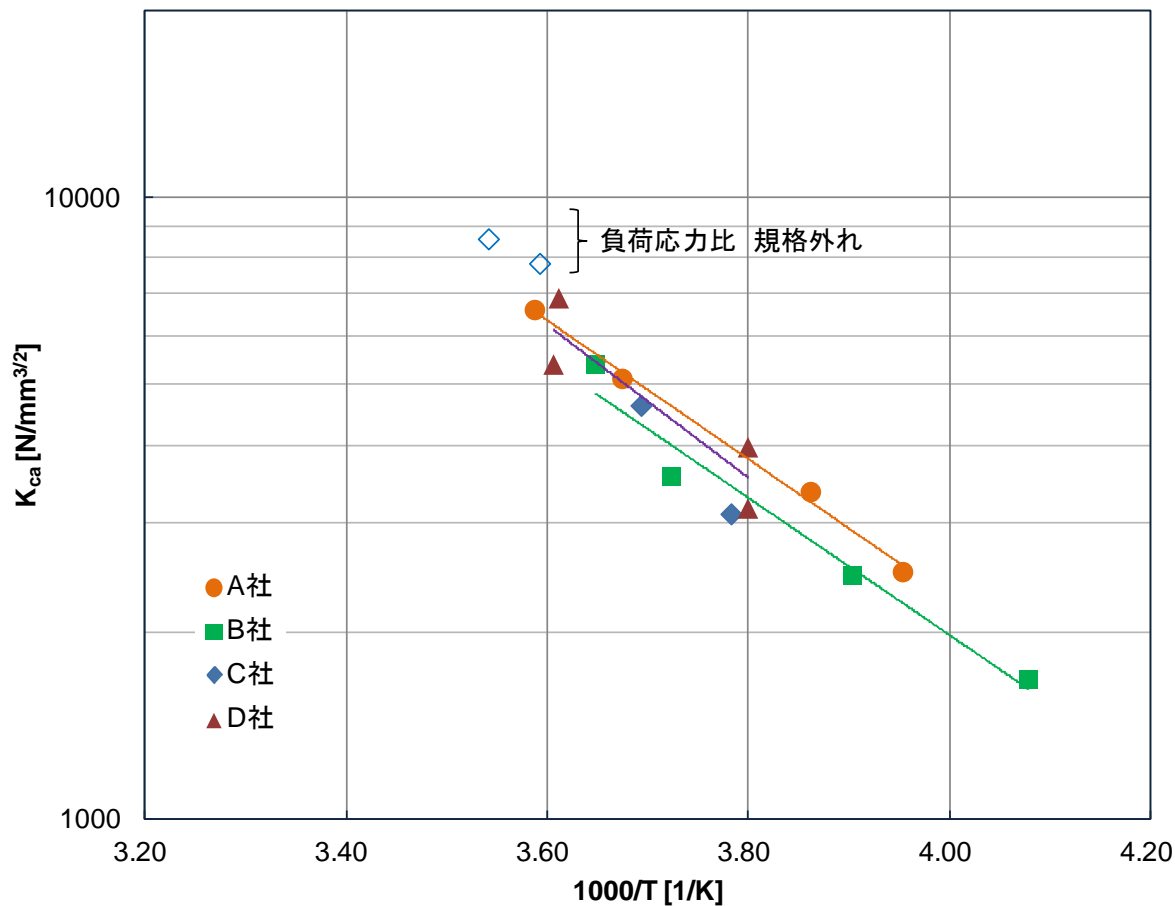
アレスト靱性を評価する試験方法(温度勾配型アレスト試験)

- ・温度勾配を設けた試験片に一様応力を負荷し、打撃により脆性亀裂を発生させる
- ・亀裂駆動力(応力拡大係数)と亀裂抵抗(アレスト靱性)が釣り合ったところで亀裂が停止
- ・アレスト亀裂長さと負荷応力からアレスト靱性(K_{ca})を算出



温度勾配型アレスト試験方法

- ・脆性き裂アレスト設計指針（日本海事協会；2009）で規定。
- ・日本海事協会・日本溶接協会共同研究で、より詳細で汎用性の高い規格を策定（WES 2815:2014）。ISO規格化進行中。



WES2815試験方法に準拠した評価の例（50mm厚ノルマ鋼）

ぜい性亀裂アレスト靱性試験方法 WES 2815:2014

- ・鋼板のアレスト靱性を正確に求めることができる
(200mm厚まで規定)。
- ・反面、試験負荷が大きく、鋼板の出荷試験に適用することは困難。

(1) アレスト試験法を代替する簡易試験方法の検討

(2) 簡易試験方法の標準化

(3) 簡易試験方法を用いたアレスト特性評価指針の作成

[2] 検討内容

簡易試験方法の検討

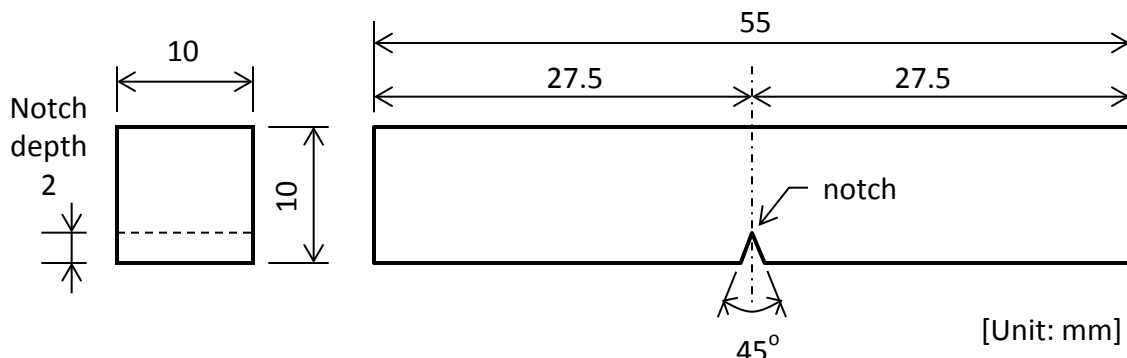
- ・既存試験方法の検討
- ・新たな試験方法の開発

試験方法	ノルマ材			TMCP材		
	N30	N50	N75	T30	T75A	T75B
Vノッチシャルピー衝撃	○	○	○	○	○	○
プレスノッチシャルピー衝撃	○	○	○	○	○	○
Drop-Weight Tear (DWTT)	○	—	—	○	—	—
NRL落重	○	○	○	○	○	○
TKB	○	—	—	○	—	—
プレスノッチ曲げ(新)	○	○	○	○	○	○

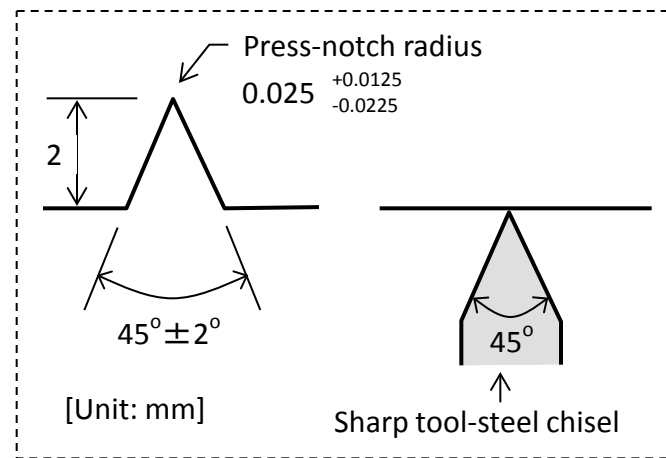
(記号の数字は板厚[mm]を表す。)

[2]-(1) Vノッチシャルピー衝撃試験

プレスノッチシャルピー衝撃試験



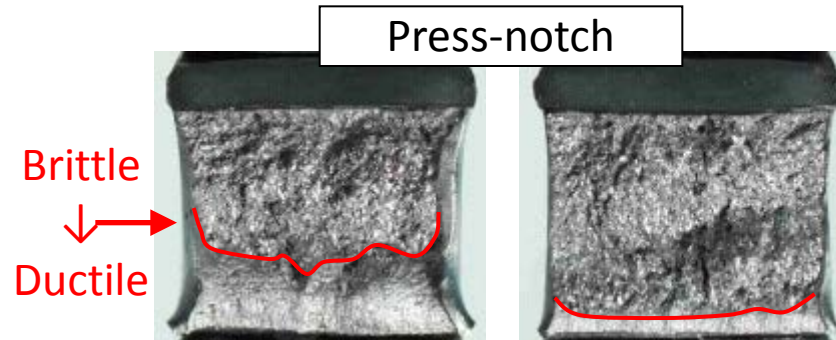
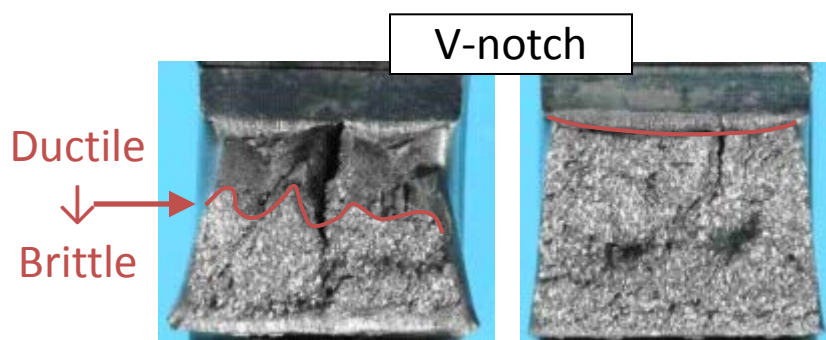
シャルピー衝撃試験片



プレスノッチ導入方法

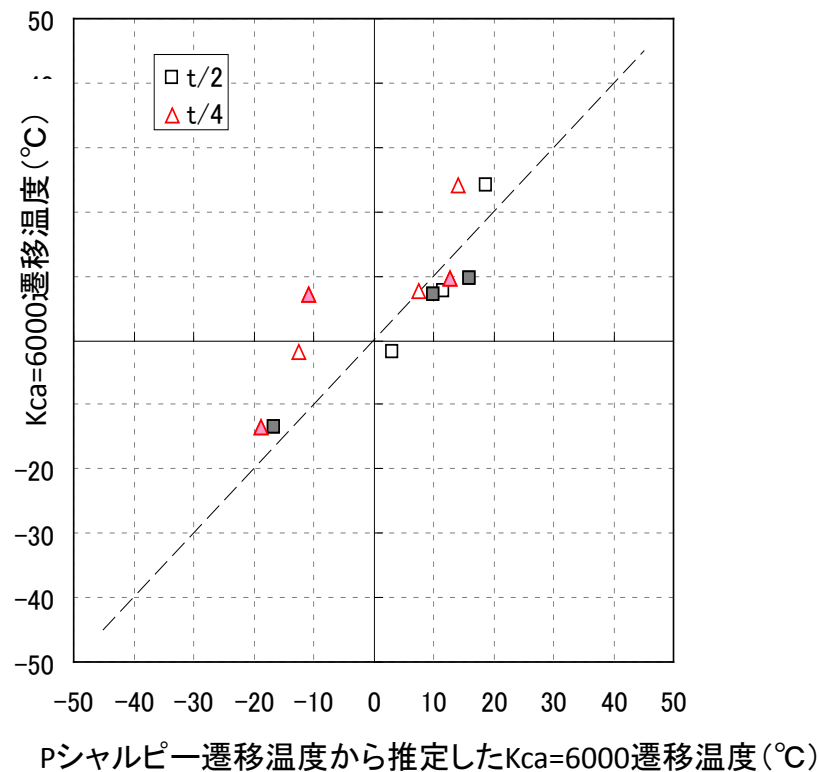
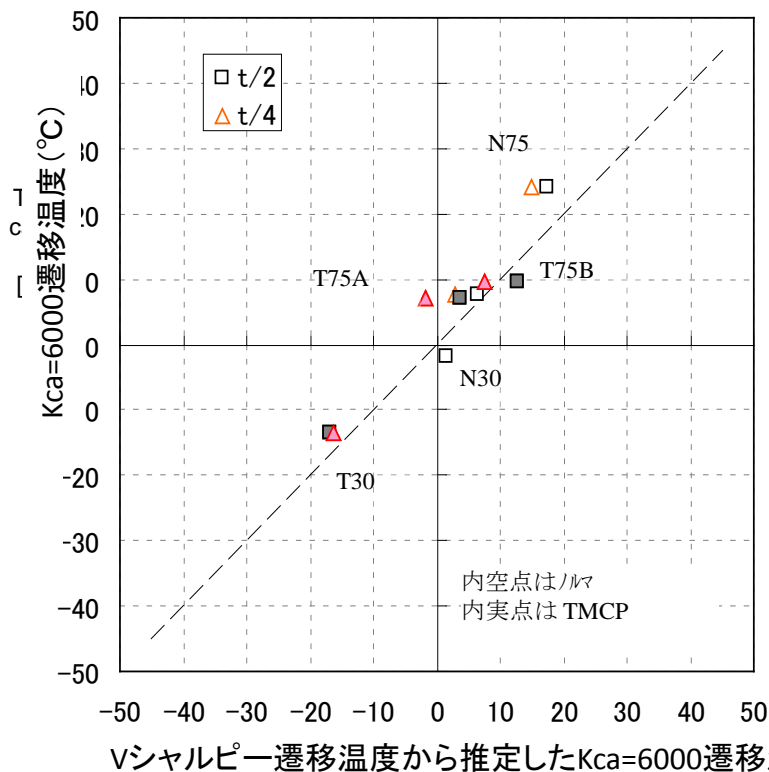
Vノッチ : 機械加工

プレスノッチ: 楔押し込み (脆性破壊発生が容易、破面率がアレスト特性を反映)



pT_c : Transition temperature of 50% crystallinity

・両試験ともに、破面遷移温度から相関式を用いて推定した温度勾配型アレスト試験遷移温度 ($K_{ca}=6,000\text{N/mm}^{3/2}$ に対応する温度)は実測値と相関あり(鉄鋼協会データシートの相関式)



$$K_{ca} = 15488 \exp \left\{ 10 \left(3.488 + 0.0069 \sqrt{vT_E} + 0.0055 t \right) \cdot \left(0.00327 - \frac{1}{T+273} \right) \right\} \quad (5.2.12)$$

ただし、 K_{ca} : 亀裂伝播停止靱性値 ($\text{kgf} \cdot \text{mm}^{-3/2}$)

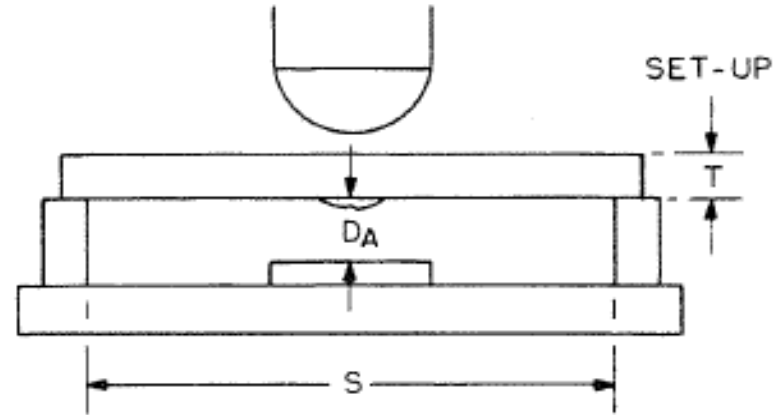
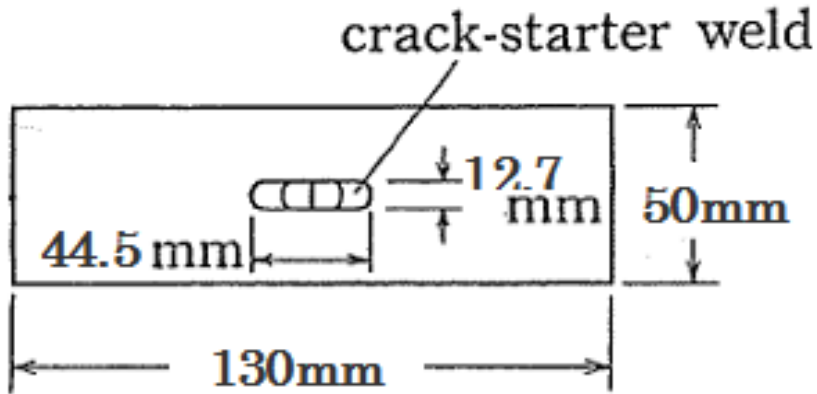
vT_E : Vシャルピー吸収エネルギー遷移温度(°C)

t: 板厚(mm)






T: 温度(°C)

[2]-(2)NRL落重試験 NRL: Naval Research Laboratory

- ・落錘により脆化ビードから脆性き裂を発生させる。
- ・脆性き裂が試験片端部に到達した場合を「破断」と判定。
- ・無延性遷移温度NDTTを決定。



T_{NDT} 温度の決定

試験温度	-40℃	-45℃	-50℃	-55℃
試験片の状態		 		
T_{NDT}	-50℃			



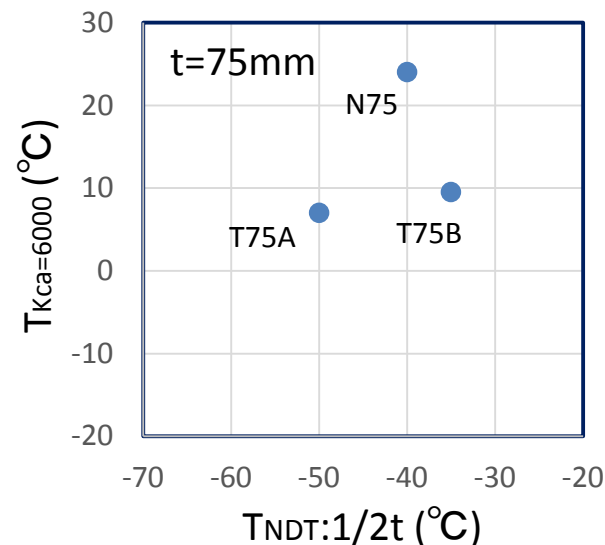
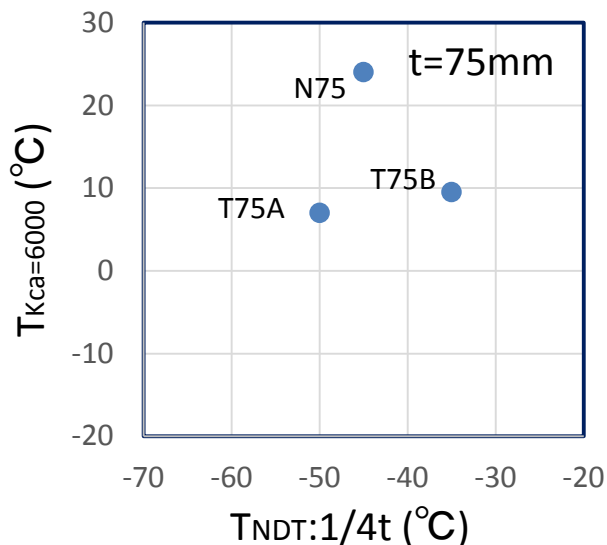
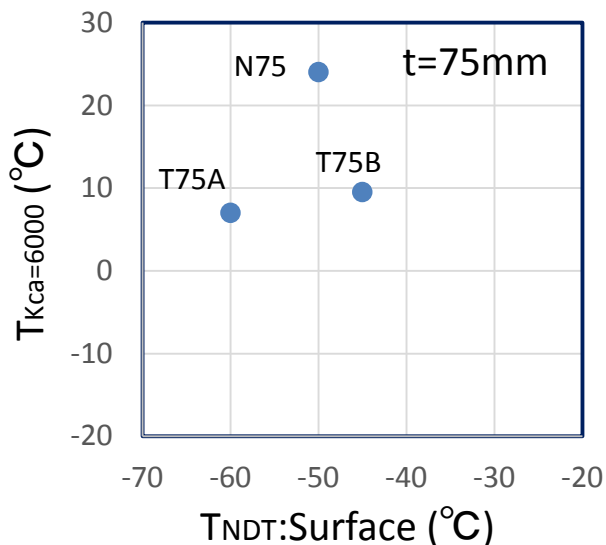
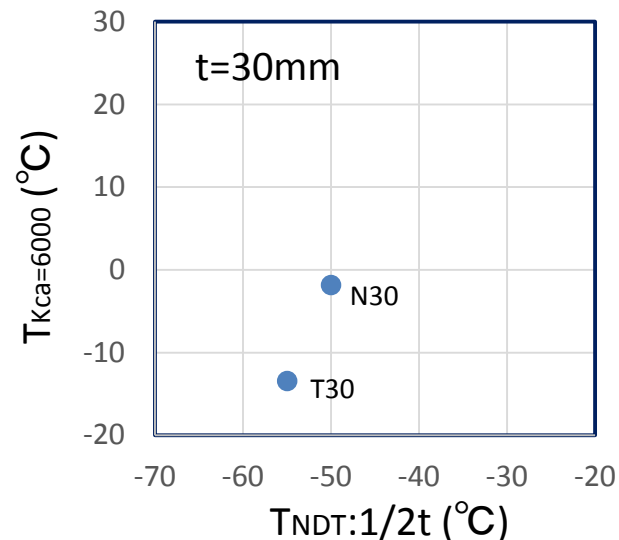
破断



非破断

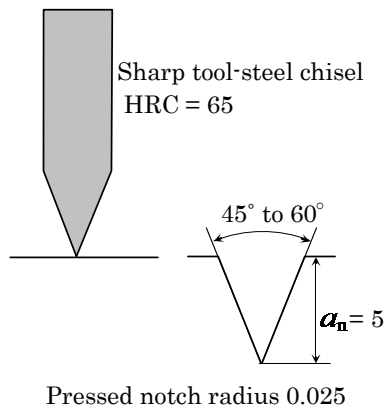
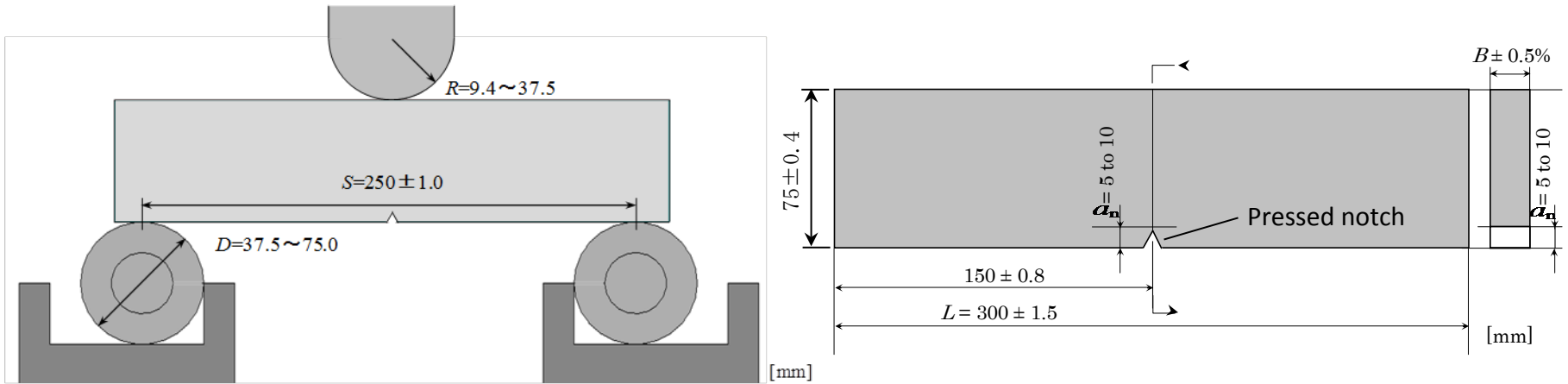
破面の分類

- ・NRL落重試験は、これまでもアレスト性能の簡易評価として検討されてきた事例があり、適用できる可能性がある。
- ・板厚依存性などデータ蓄積が必要

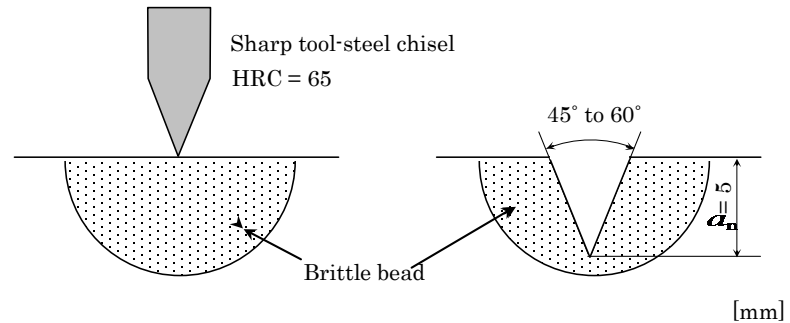


[2]-(3) プレスノッチ曲げ試験

- ・試験方法を新たに開発、WES標準仕様書(WES TS 2816:2015)発行。
- ・静的3点曲げ負荷により切欠きから脆性き裂を発生させる。

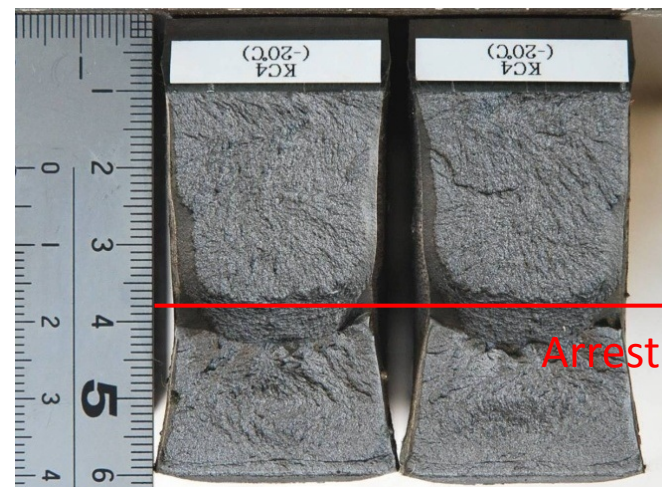
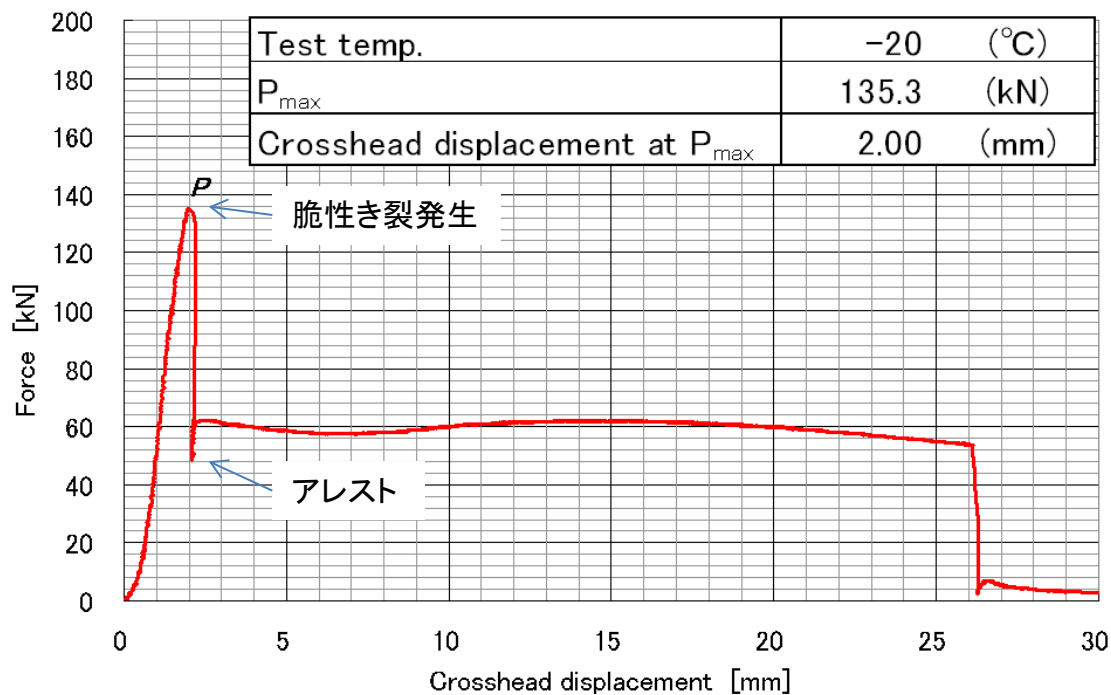


プレスノッチ



プレスノッチ(脆化ビード)

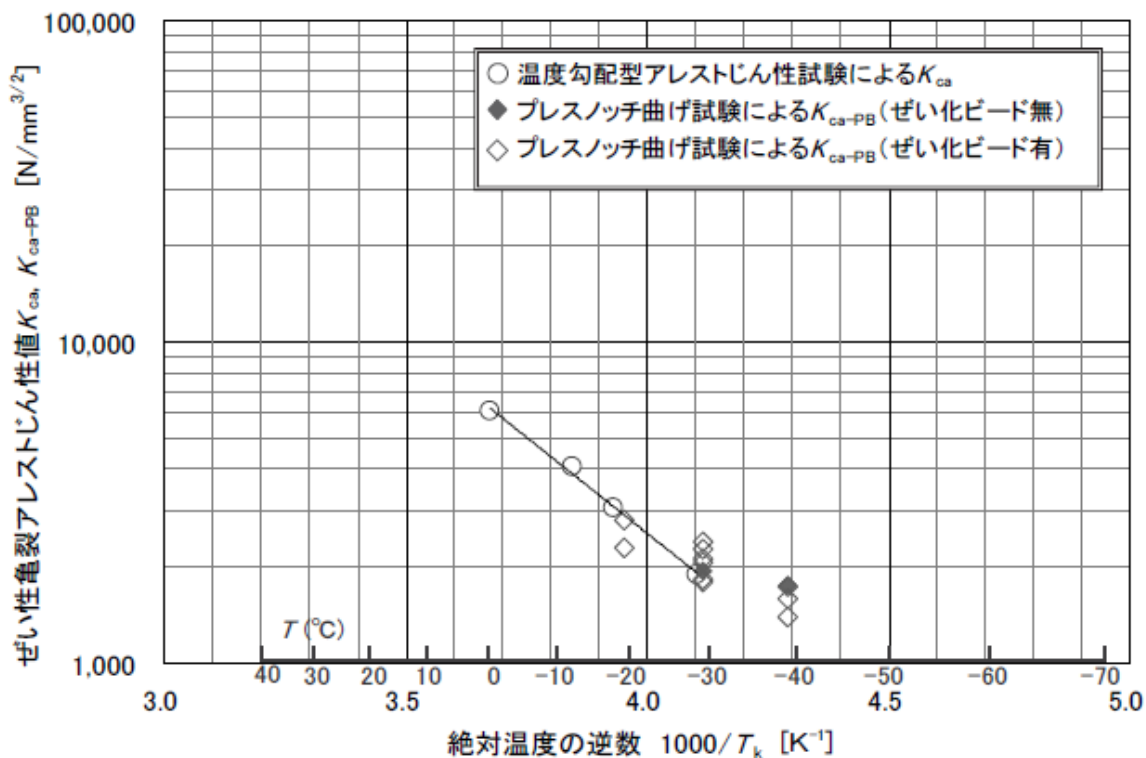
- ・アレストき裂長さとおレスト時荷重（脆性き裂発生荷重より計算）からアレスト靱性 K_{ca-PB} を求める。



・温度勾配型アレスとじん性試験による K_{ca} とプレス切欠き曲げ試験による K_{ca-PB} の比較例

供試材の機械的特性

板厚 (mm)	機械特性			
	YP (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	EL (%)	vTrs (°C)
30	416	541	27	-40



解説図 2 温度勾配型アレスとじん性試験による K_{ca} と
プレス切欠き曲げ試験による K_{ca-PB} の算定例

[2]-(4)簡易試験方法の検討総括

試験方法	試験の簡便性	アレスト特性との相関
Vノッチシャルピー 衝撃	極めて容易(規格あり)	相関性あり、鋼種・板厚毎のデータ蓄積が必要
プレスノッチシャルピー 衝撃	極めて容易	相関性あり、鋼種・板厚毎のデータ蓄積が必要
Drop-Weight Tear (DWTT)	容易(規格あり)	鋼種・板厚を限定すれば相関を有する可能性あり
NRL落重	容易(規格あり)	相関性あるが、板厚依存性などデータ蓄積が必要
TKB	容易	相関を得るにはデータが不十分
プレスノッチ曲げ (新)	容易(標準仕様書策定)	相関性あり、板厚効果を考慮すれば K_{ca} 推定の可能性あり

[3] 成果まとめ

- (1) 鋼板のアレストじん性を簡易に評価する試験方法として、Vノッチシャルピー衝撃試験、プレスノッチシャルピー衝撃試験、DWTT試験、NRL落重試験などの検討を行った。
- (2) 新たにプレスノッチ曲げ試験法を開発し、WES標準仕様書を発行した。
- (3) 上記の各種簡易試験方法において、温度勾配型アレストじん性試験の K_{ca} 遷移温度と相関性を得ることができることを確認し、その評価方法を提案した。鋼板の出荷試験などに適用するためには、対象とする製造方法や板厚に応じてデータを整備する必要がある。