

# 超塑性工学研究センターの概要

茨城大学工学部 技術部 佐久間隆昭

## 1.はじめに

超塑性工学研究センターは平成12年4月に時限10年の工学部附属の研究施設(文部省(現文科省)省令施設)として誕生した。(本学が平成16年4月より国立大学法人になってからは、時限の枠がなくなっている。)超塑性工学研究センターは、環境問題や高齢化社会に関する諸問題を材料およびその成型加工技術等の面から調べ、研究成果を社会に還元すること、さらに新分野を担う研究者・技術者の養成を目指している。また、本センターは超塑性に関する日本で唯一の研究施設であり、世界でもロシアに金属超塑性問題研究所があるだけという独自性を主張しやすい環境にある。

表1に本センターの組織を示す。また、本センターの平成12~19年度の運営実績状況を表2に示す。国立大学法人化後、大学として中期目標を設定しているが、ほぼ目標を達成できている。当センターの活動については、設立6年目の平成18年1月に、4人の専門家を評価委員としてお迎えし、外部点検評価も行い、高い評価も得ている。(この結果については、超塑性工学研究センター外部点検評価報告書をH18.2に発行)

また、近年超塑性に関するJIS規格(表3参照)の制定も多数行われ、今後ISO化される予定であるが、この規格化にも当センターは協力している。

## 2.超塑性現象

本研究センター名にある超塑性とは、固体を融点の半分以上の温度領域で、一定のひずみ速度で変形させた時、数百%以上に伸びる現象のことである。微細結晶粒超塑性においては、対数表記したひずみ速度-応力曲線の勾配に相当するひずみ速度感受性指数(m値)が高く、一般にm値が0.3以上で破断伸びが200%以上であることが超塑性挙動発現の判断基準とされる。

図1に1723Kで種々のひずみ速度で引張変形させた3Y-TZP(安定化ジルコニアセラミックス)の

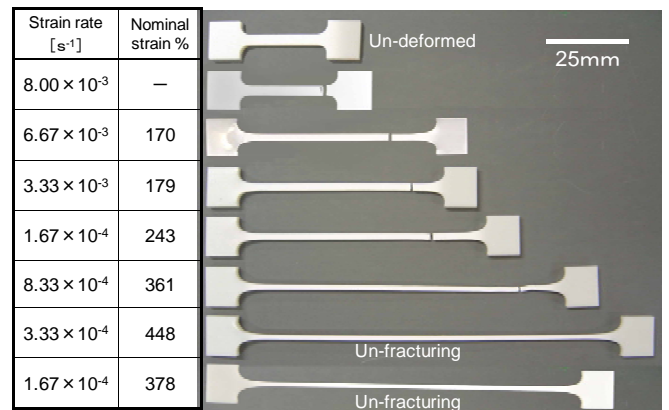


図1 1723Kでひずみ速度を変化させて引張変形した3Y-TZP

写真を示す。ひずみ速度  $8.00 \times 10^{-3} \text{s}^{-1}$  ではほとんど変形せずに破断したのに対し、ひずみ速度  $3.33 \times 10^{-4} \text{s}^{-1}$  では448%変形しても破断していないことが分かると思う。通常もろいはずのセラミックスが、このような巨大な伸びを示すことは、工業応用上とても有用で、興味深い現象である。この技術を応用すれば、材料特性は優れているが、難加工材のため応用が進まない材料も容易に加工できる可能性がある。

あまり一般にはあまり知られていないが、超塑性加工された製品は身近にも最近増えてきている。図2に超塑性成型品の一例を示す。また(株)スカイアルミでは超塑性加工が可能な処理をしたアルミ合金(A5083)をアルビーノという製品名で販売しているなど、さらに超塑性成型品が増えることが期待できる状況にあり、本センターの活躍の場が益々増えることが期待される。



図2 超塑性成型されたゴルフクラブヘッド(左)とスペアタイヤハウス(右)

表1 超塑性工学研究センターの組織

研究分野等	専任スタッフ
センター長	教授：1（併任）
超塑性現象応用研究分野	教授：1、准教授：1
ナノ知能物質創製研究分野	教授：1、准教授：1
レーザー応用マイクロ構造創製研究分野	教授：1、助教：1
研究支援グループ	非常勤研究員：2 研究支援推進員：1 事務補佐員：1 技術専門職員：1

表3 超塑性に関する JIS 規格

規格番号	規格名称
JISH7007	金属系超塑性材料用語
JISH7501	金属系超塑性材料の引張特性評価方法
JISH7502	金属系超塑性材料の圧縮特性評価方法
JISH7503	金属系超塑性材料の成形後の空洞率測定方法
JISH7504	金属系超塑性材料のバルジ試験によるブロー成形性試験・評価方法
JISH7505	金属系超塑性材料のR型試験片による引張特性評価方法

表2 超塑性工学研究センターの運営実績状況

年度 (平成)	研究成果 (件数)								教育活動 (担当学生数) *3		
	著書	学術論文 *1	総説・解説	口頭発表	講演 *2	報告書・ 所内報告	受賞	工業所有権	博士	修士	学士
12	2	30	8	42	3	7	1	-	5	17	26
13	1	26	6	94	2	13	2	1	5	24	20
14	1	31	3	84	6	12	1	6	6	20	18
15	0	37	3	99	5	14	5	1	6	19	21
16	0	32	4	87	5	8	3	1	7	20	22
17	0	33	3	60	6	11	2	2	7	21	23
18	3	27	3	62	4	9	1	1	4	22	22
19	1	20	1	58	4	12	3	1	4	19	21
計	8	236	31	586	35	86	18	13	44	162	173

年度 (平成)	セミナーの開催 (件数)	外部資金獲得状況 (件数)	外部機関との共同 研究 (件数)	学会、各種団体等の 学術に関する役員・ 委員等 (件数)	その他の各種学術的 活動 (件数) *4	外国人研 究者数 *5
12	8	-	19	23	4	5
13	8	10	20	28	3	7
14	7	15	17	27	9	8
15	1	18	15	32	11 *6	5
16	2	12	21	30	5	5
17	3	14	19	38	5 *7	3
18	4	15	17	38	5	3
19	3	15	22	29	11	4
計	36	99	150	245	53	40

\*1 レフリーにより査読を受けた国際会議論文を含む

\*2 依頼されたもの

\*3 博士、修士は担当学生数、学士は卒業生数

\*4 その他の各種学術的活動とは、例えば学会や講演大会におけるオーガナイズドセッションの設定、学会本大会開催への協力、技術懇談会や研究会の開催や協力、研究成果報告会の開催、成果報告書の発行等である。

\*5 大学院学生も含む

\*6 超塑性技術工業規格 (JIS) 制定 6 件を含む

\*7 外部点検評価含む


# 超塑性工学研究センターの概要

茨城大学 技術部 佐久間隆昭



## 超塑性工学研究センター設立目的

超塑性工学研究センターは、平成12年4月に時限10年の工学部附属の研究施設(文部省(現文科省)省令施設)として誕生した。(本学が平成16年4月より国立大学法人になってからは、時限の枠がなくなっている。)超塑性工学研究センターは、環境問題や高齢化社会に関する諸問題を材料およびその成型加工技術等の面から調べ、研究成果を社会に還元すること、さらに新分野を担う研究者・技術者の養成を目指している。また、本センターは超塑性に関する**日本で唯一**の研究施設であり、世界でもロシアに金属超塑性問題研究所があるだけという独自性を主張しやすい環境にある。



### 超塑性工学研究センターの組織

研究分野等	スタッフ
センター長	本橋教授(併任)
超塑性現象応用研究分野(A分野)	本橋教授、車田准教授
ナノ知能物質創製研究分野(B分野)	阿部教授、鈴木(徹)准教授
レーザー応用マイクロ構造創製研究分野(C分野)	前川教授、山崎助教
研究支援グループ	非常勤研究員(ポストドク): 2 ○Svetlana Nurieva(ロシア; Institute for Metals Superplasticity Problems) ○Ahmed Bucheeri(バーレーン) 研究支援推進員: 1、大部尚子 事務補佐員: 1、萩野谷和子 技術専門職員: 1 佐久間隆昭

## 超塑性工学研究センターの主な活動

主催セミナーの開催(年数回)  
 学会でのオーガナイズドセッションの設定(年数回)  
 超塑性工学研究センター成果報告会の開催(年1回)  
 研究センター成果報告書の発刊(年一冊)  
 大学院生、学部生の教育  
 外部点検評価の実施および報告書の作成(H17年度)  
 超塑性に関するJIS化(JISH7007,7501~7505)

## 超塑性の種類

◎ 微細結晶粒超塑性(最も一般的な超塑性)

$$\sigma = K\dot{\epsilon}^m$$

$\sigma$ : 流動応力      K: 定数  
 $\dot{\epsilon}$ : ひずみ速度      m: ひずみ速度感受性

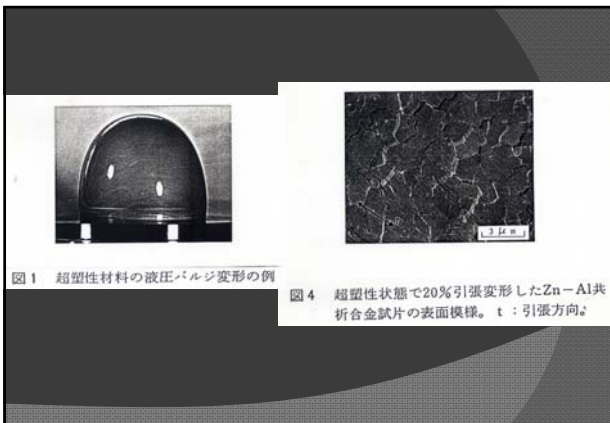
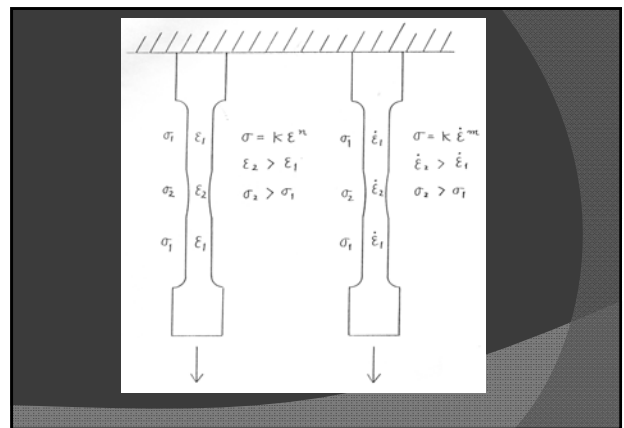
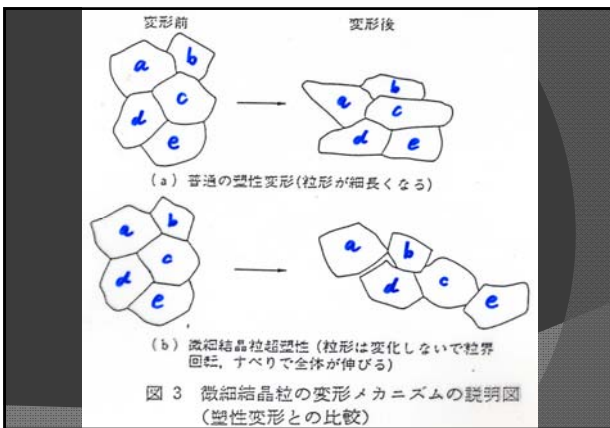
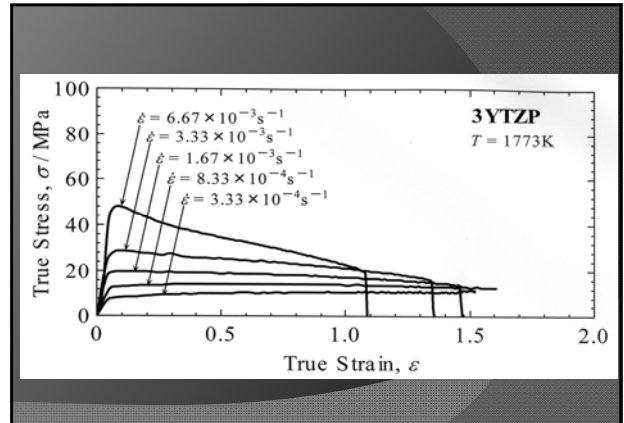
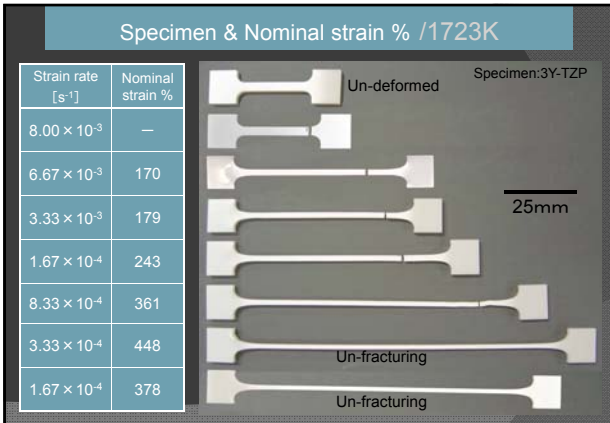
**JIS規格化**

- JISH7007 金属系超塑性材料用語(1995/02/01)
- JISH7501 金属系超塑性材料の引張特性評価方法(2002/08/20)
- JISH7502 金属系超塑性材料の圧縮特性評価方法(2003/10/20)
- JISH7503 金属系超塑性材料の成形後の空調率測定方法(2003/10/20)
- JISH7504 金属系超塑性材料のバルジ試験によるブロー成形性試験・評価方法(2003/10/20)
- JISH7505 金属系超塑性材料のR型試験片による引張特性評価方法(2004/01/20)

◎ 変態超塑性

**超塑性の特徴**

- (a) 大きな延性(伸び>300%)
- (b) 大きなm値(m>0.3)
- (c) 変形抵抗小さい
- (d) 弾性回復がほとんど無い
- (e) 結晶粒が微細で等軸粒状  
(粒界すべりが主変形モード)



スベアタイヤハウス

成形素材 アルミ合金 A5052 スカイアルミニウム

超塑性成形 日本冶金工業

アルマイト処理

完成品化

納品

製品仕様

製法工程

図1: スベアタイヤハウス装置位置と製品仕様

図2: 二輪車用燃料タンクの構成部品

upper body

bottom

small items

comp tank fuel

写真1: 開発した二輪車の燃料タンク



工程比較 RS125

	工程				成形性	型投資
SPタンク (現行)	ドロウ	トリム	MIG溶接	パージング	△	△
	ドロウ	トリム				
ALタンク RS125	予備曲げ成形	ブロー	トリム&ボアス	パージング	○	◎

HONDA ENGINEERING

S2000ハートトップアロ-成形品 S2000

狙い: 一体化による高外観、アルミ使用による軽量化

HONDA ENGINEERING

Special Model for 2000 Hard Top S2000

Special Model for Honda S2000

HONDA ENGINEERING

開発の狙い S2000

BODYのカタチとつなげた斬新で近代的なフォルム

スタイリッシュ

着脱性

環境

安全

アルミ離れ目レスハートトップの開発

製法比較 S2000

<従来製法> 材質: 6000系

<超塑性アロ-一体成形> 材質: 6000系

軽量化: Δ 20%

高品質化

外付けの肉上 生産性向上

生産工程 S2000

アロ-成形

後工程

PSL (成形品)の分割

ボルト

ボルト

ボルト

ボルト

HONDA ENGINEERING

試作ボート船体

狙い: 複雑難形状の一体化、極少量生産での投資削減

HONDA ENGINEERING

UPPER BODYの一次成形品 RS125

HONDA ENGINEERING

レース用二輪車燃料タンク RS125

狙い: 極少量生産での投資削減、一体化による高外観

HONDA ENGINEERING

レース用二輪車 RS125

HRC '95 RS125R/RS250R

HONDA ENGINEERING



鉄道試験車両(左)とその窓パネル(右)



自動券売機(左)の取り出し口(右)



図9 AZ61 合金圧延材を用いたブロー成形の例

図10 超塑性成形されたゴルフクラブ【ヤマハ㈱星氏 提供】



4 高い品質保持

アルゴンガス雰囲気中での成形なので、酸化や不純物の混入、侵入がなく、チタン合金の優れた素材特性が、ほとんどそのまま発揮され、高特性、高品質が約束されます。



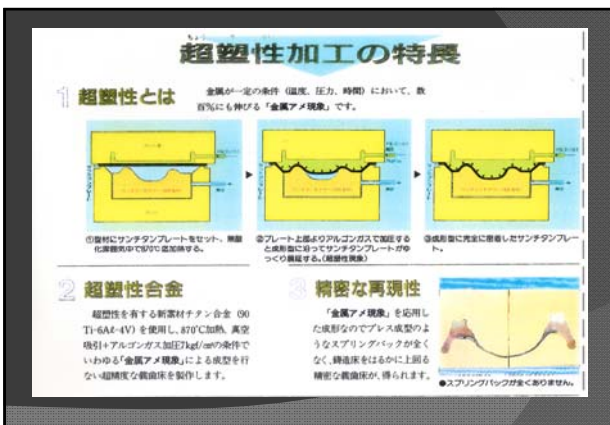
5 確実な成形

チタン鍛造のような、キャストミス、鑄造欠陥等の心配がなく、確実かつ容易に製作できます。

6 高精度、高品質義歯床

生体親和性に優れた安全性が高く、「口腔内での密着性に優れた、軽くて強いチタン義歯床」が得られます。

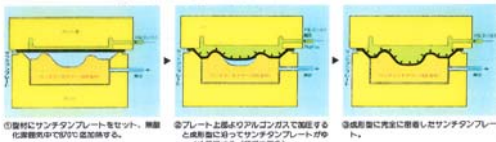
④ 成形過程



超塑性加工の特長

1 超塑性とは

金属が一定の条件(温度、圧力、時間)において、数%にも伸びる「金属アメ現象」です。



2 超塑性合金

超塑性を有する新素材チタン合金 (90 Ti-6Al-4V) を使用し、870°C加熱、真空吸引+アルゴンガス加圧(7kg/cm<sup>2</sup>)の条件でいわゆる「金属アメ現象」による成形を行い、超精度な義歯床を製作します。

3 精密な再現性

「金属アメ現象」を応用した成形なのでプレス成型のようなスプリングバックがなく、鑄造床をはるかに上回る精密な義歯床が、得られます。



図11 超塑性鍛造した腕時計「ガラス緑【セ(コインズカズミ)】(株)、現在 石川職業能力開発短期大学校 久保木氏 提供】

図12 超塑性成形された義歯床の完成品【住友金属工業㈱岡田氏 提供】

### チタン合金という新材料が 広げる、装身具の世界

チタンの歴史をさぐるのが、この本。チタンは、その軽さと強度、そして加工のしやすさから、航空宇宙や医療分野で広く使われている。最近では、その美しい光沢と耐久性から、高級時計のケースやブレスレットにも使われるようになった。この本は、チタン合金の歴史、特性、そして装身具への応用について詳しく解説している。また、チタン合金の加工技術についても触れている。興味のある方は、ぜひ読んでほしい。

チタン合金の特性

	チタン合金	純チタン	ステンレス
比重	4.8	4.5	7.9
硬さHV	500	100	200
耐海水性	完全耐食	完全耐食	浸食あり
人体適合性	○	○	金属アレルギー
実用性	○	シモフリ	○

チタン合金の時計は、その軽さと耐久性から、高級時計のケースやブレスレットにも使われるようになった。この本は、チタン合金の歴史、特性、そして装身具への応用について詳しく解説している。また、チタン合金の加工技術についても触れている。興味のある方は、ぜひ読んでほしい。

### 開発技術の構成

部品製造のフロー

```

    原料準備 → 粗加工 → プリフォーム → 最終加工
    高機能部品 ← 高機能加工 ← 高機能加工
    
```

- アルミニウム合金の高機能部品成形の技術は、製造法の進化の1歩以上。
- 約12%以上のAl-Si系合金の1次での部品成形加工が可能。
- 0.1mm未満10μm以下での高機能加工が可能。
- バリ等の発生が少なく後加工が容易。
- 高機能材料の厚さより10μm以上。
- 加工コストが従来より30%以上削減可能。
- 部品の手組組立環境の高機能加工工程で構成され、自動化率より10%削減が可能。

