

クレジット:

UTokyo Online Education 学術俯瞰講義 2017 小関敏彦

ライセンス:

利用者は、本講義資料を、教育的な目的に限ってページ単位で利用することができます。特に記載のない限り、本講義資料はページ単位でクリエイティブ・コモンズ 表示-非営利-改変禁止 ライセンスの下に提供されています。

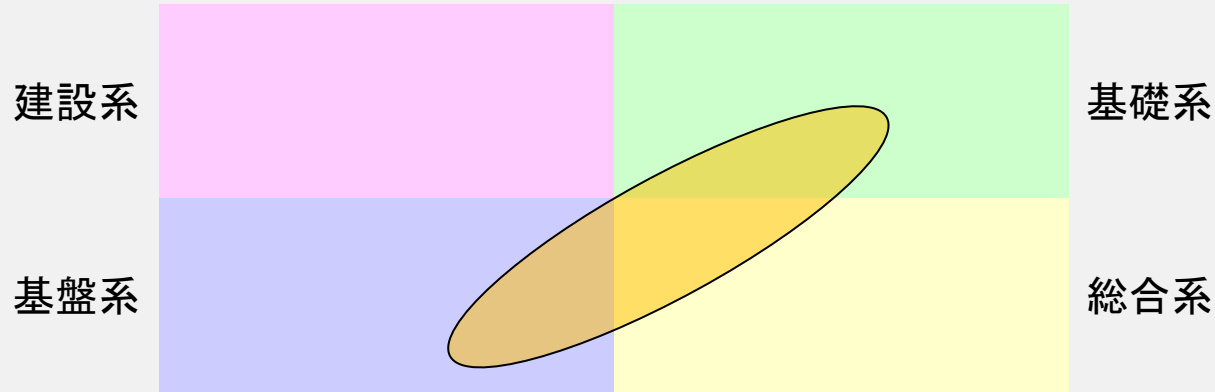
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

本講義資料内には、東京大学が第三者より許諾を得て利用している画像等や、各種ライセンスによって提供されている画像等が含まれています。個々の画像等を本講義資料から切り離して利用することはできません。個々の画像等の利用については、それぞれの権利者の定めるところに従ってください。



今日の工学の講義はどこに位置する？

工学研究(教育)の分野



工学研究のフェイズ

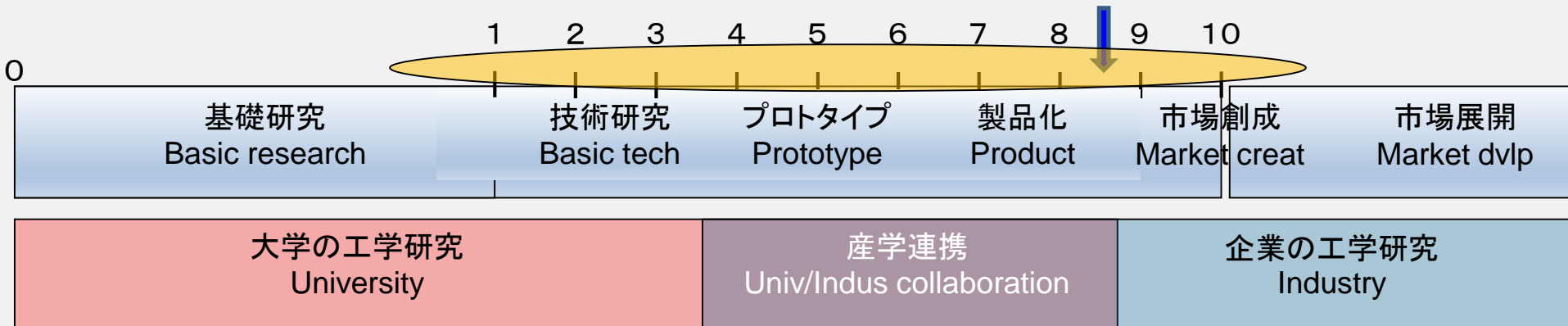
知識の創造

価値の創成

価値の実装

イノベーション
Innovation

価値の経済効果

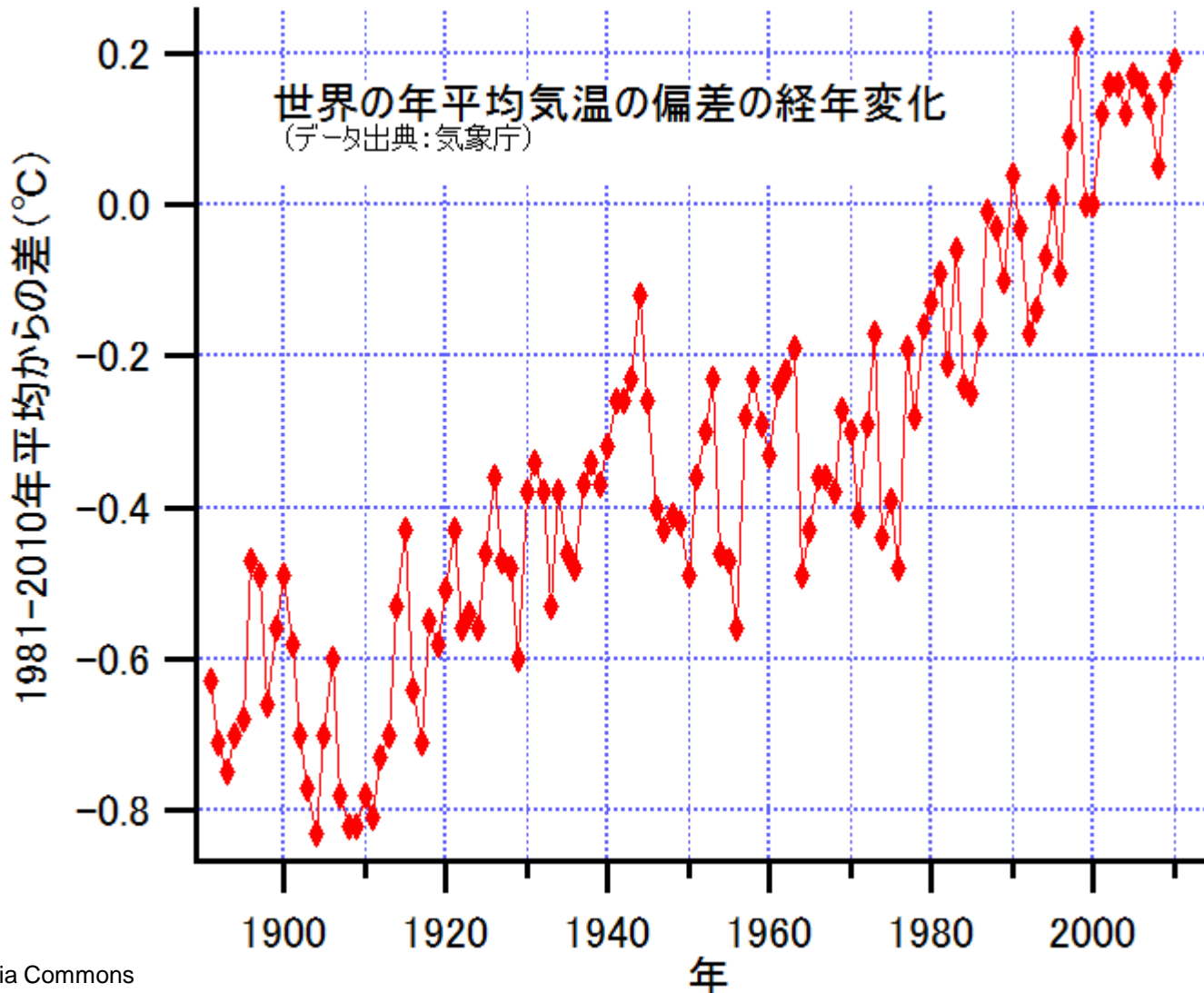


2017S 学術俯瞰講義「工学とは」

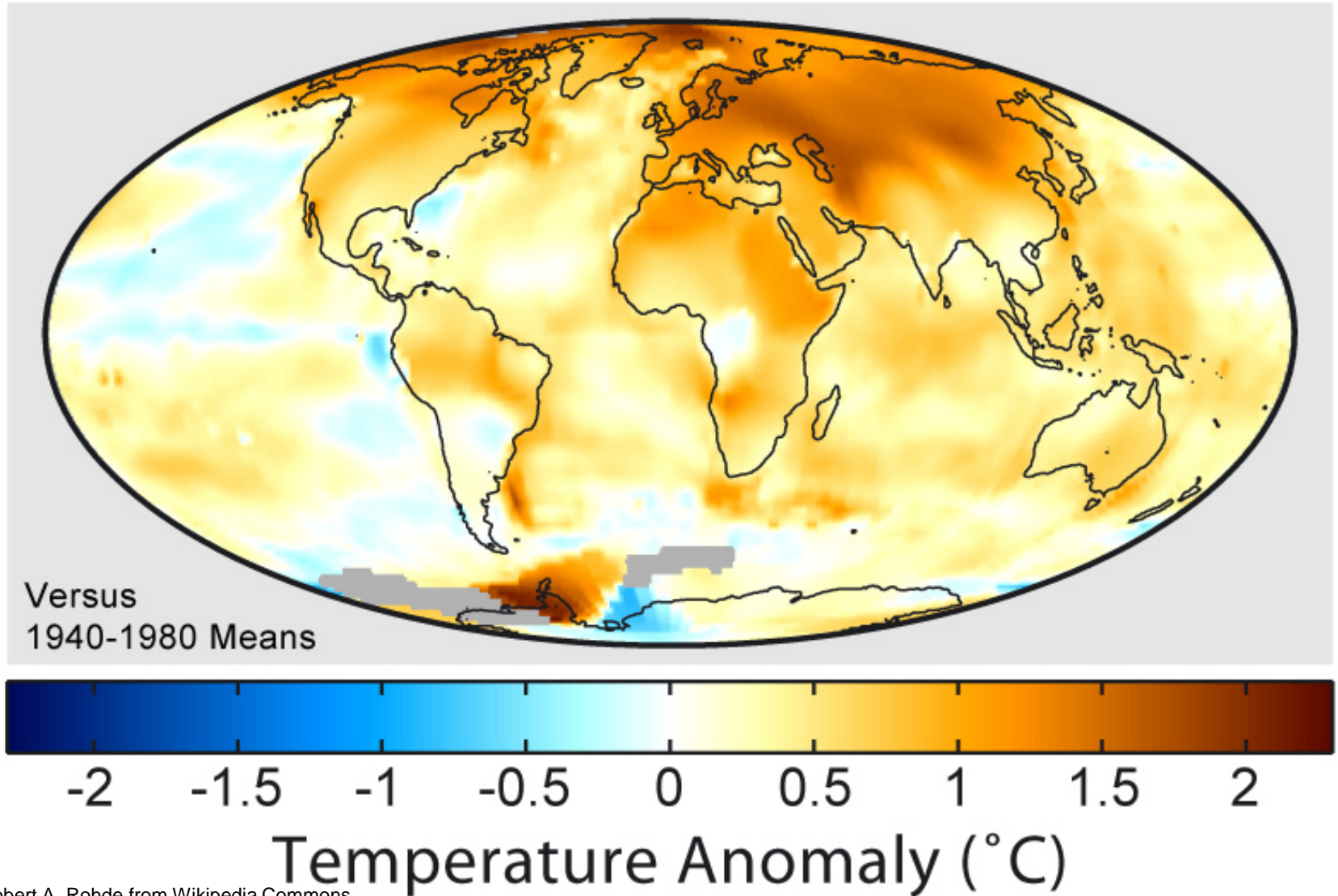
環境・安全と工学
「移動体における材料工学」

平成29年6月12日
工学部マテリアル工学科
教授 小関 敏彦

進む地球の温暖化

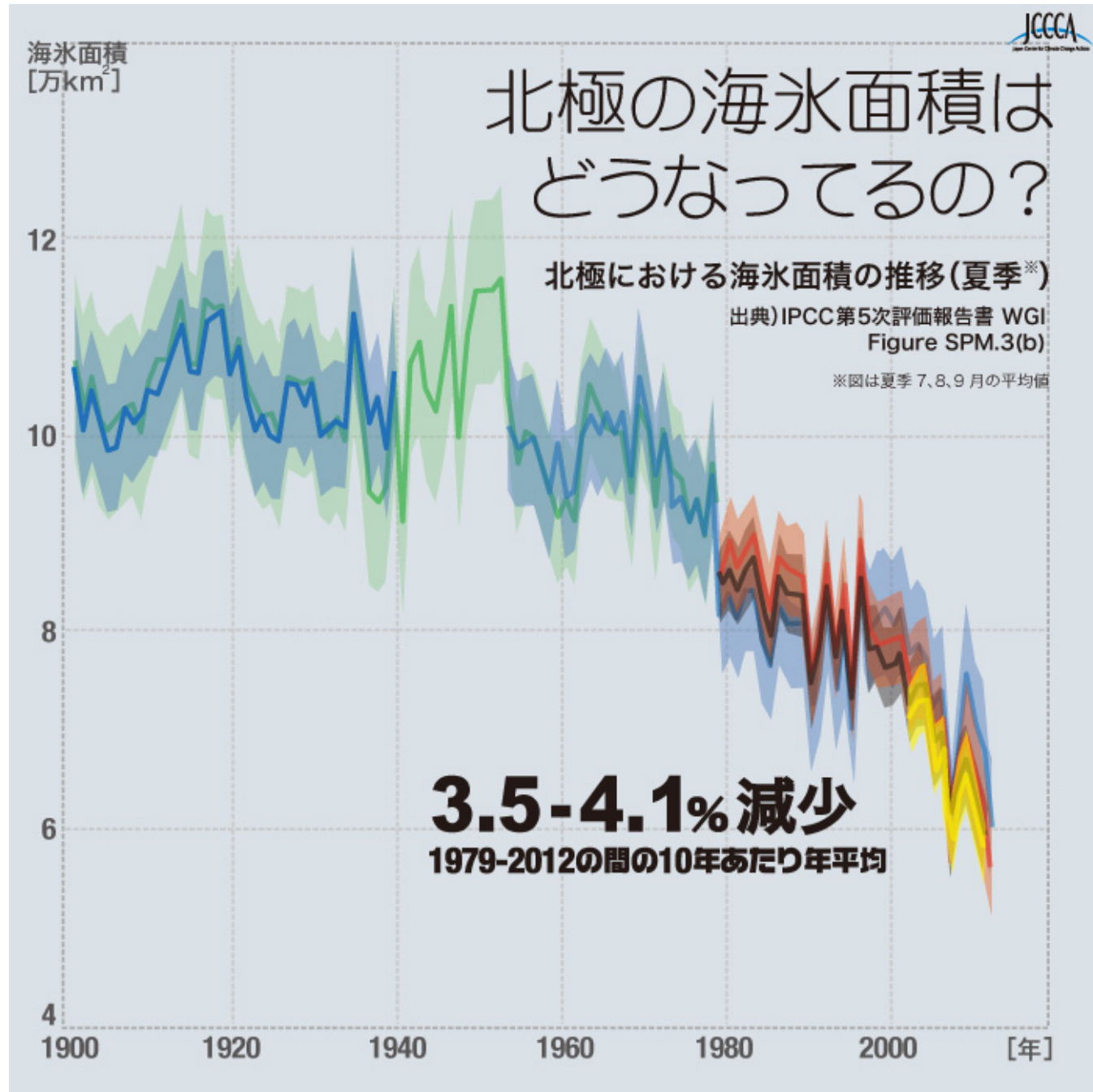


1999-2008 Mean Temperatures



北極の 海水面積

100年で4割減
地球の海面水位
19cm上昇



全国地球温暖化防止活動推進センターすぐ
使える図表集
<http://www.jccca.org/chart/>
北極における海氷面積の推移
http://www.jccca.org/chart/chart02_06.html
(最終閲覧日:2017年6月16日)

温暖化の行方(2070-2100)

Global Warming Predictions

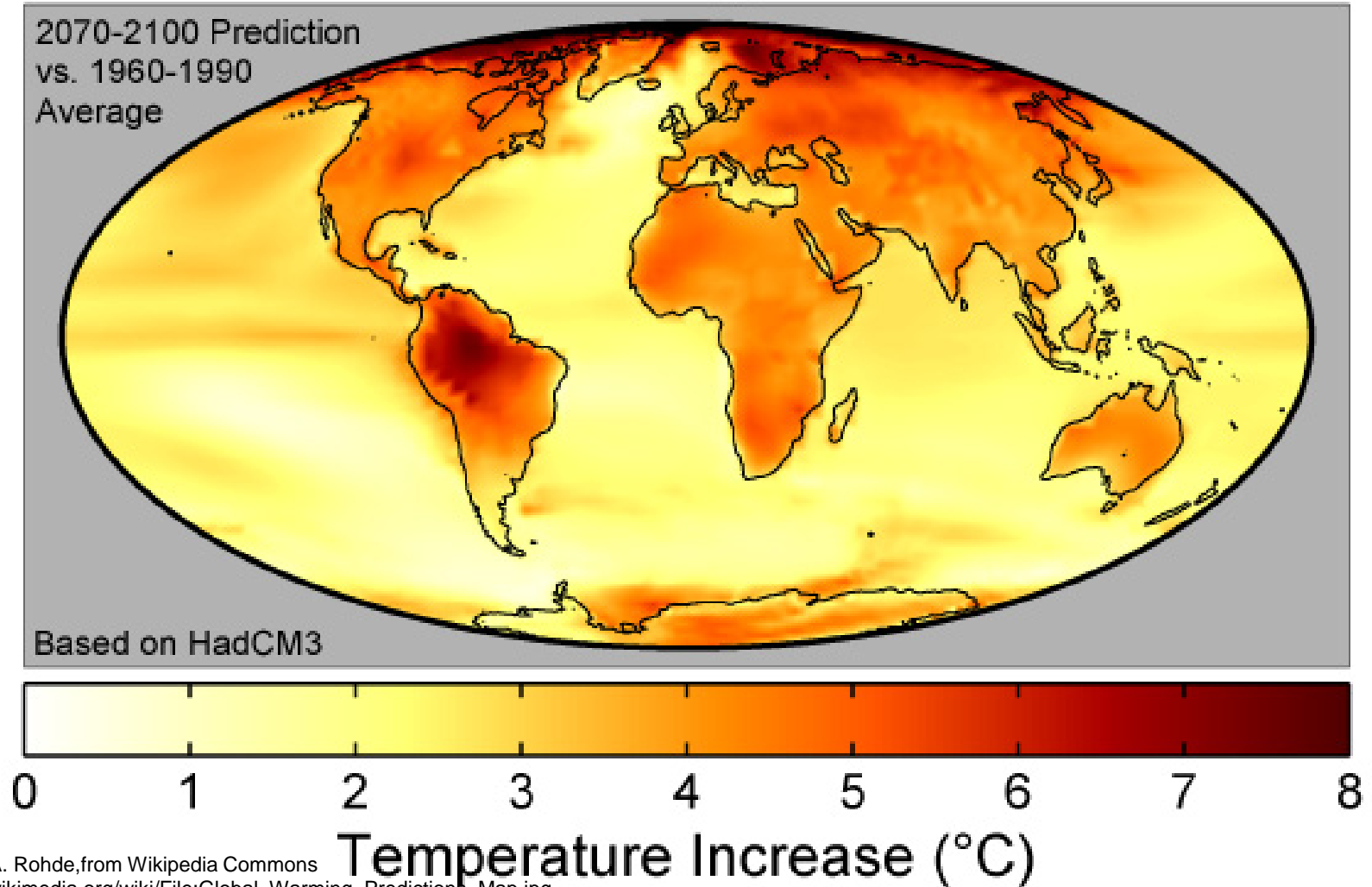


Figure by Robert A. Rohde, from Wikipedia Commons
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Global_Warming_Predictions_Map.jpg

CC BY-SA 3.0

(最終閲覧日: 2017年6月16日)

温暖化が進むと・・・

□ 1～3°Cの上昇

- 嵐、森林火災、干ばつ、洪水、熱波、台風が増す
- 水不足になる人が10億人以上
- アフリカ、西アジアを中心に飢餓の危機に晒される地域増える
- 珊瑚礁や熱帯雨林の崩壊

□ 2～6°Cの上昇

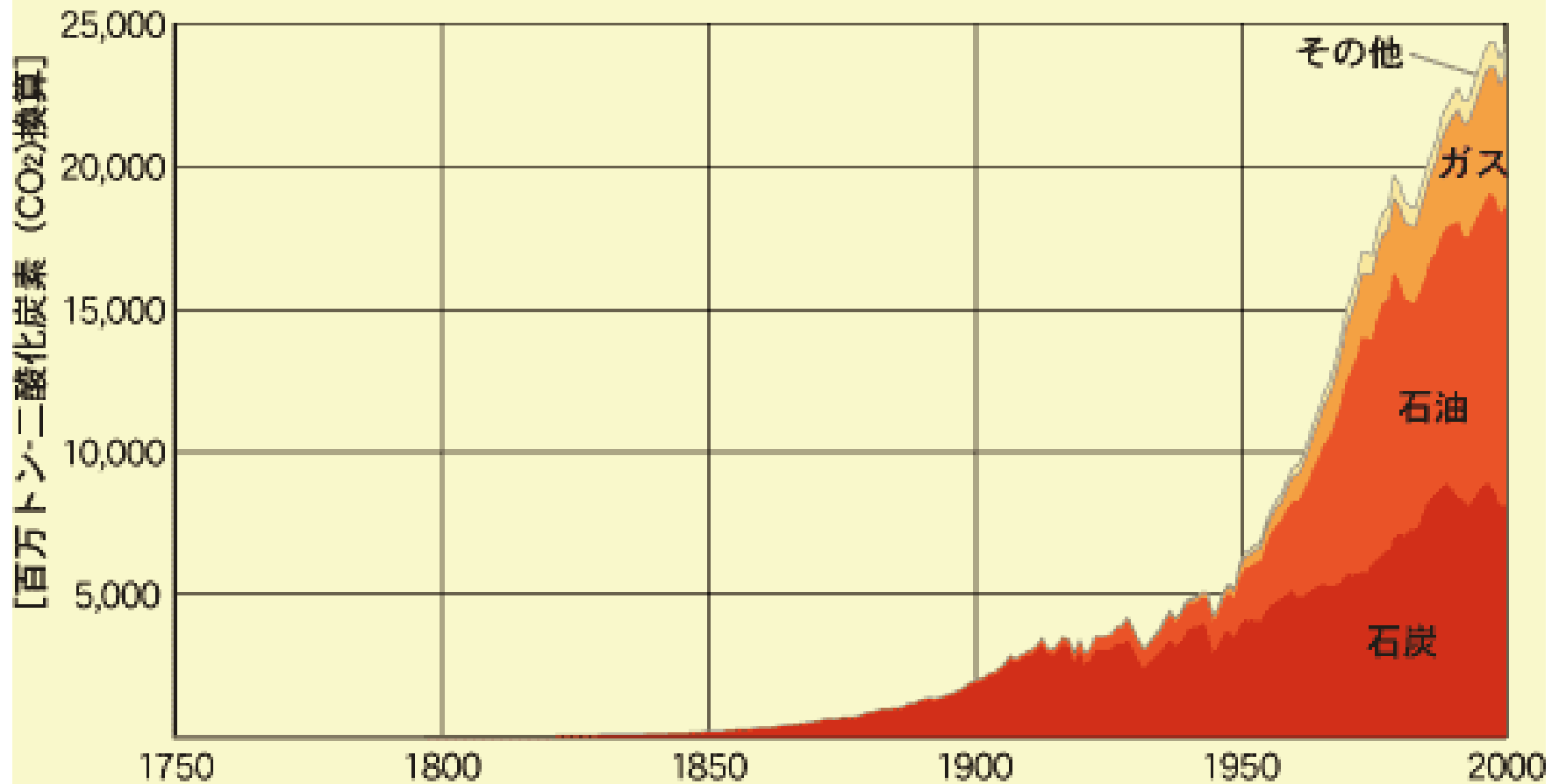
- 生態系の崩壊。20-50%の種が絶滅の危機とも。
- 自然生態系の炭素吸収量が減る
- グリーンランドの氷床や西南極の氷床が消失
- 地球上、ほぼ全ての地域で収穫が減る
- 海面上昇が大都市を脅かす(ロンドン、NY、上海、東京、他)

温暖化は世界で取り組むべき課題

- パリ協定－地球温暖化対策の国際枠組み
- 米トランプ大統領の離脱表明
- これに対して仏マクロン大統領
 - －パリ協定は地球と社会、経済にとって不可欠。離脱はこの惑星の未来に対する過ち
 - －環境問題について代替プラン(交渉の余地)はない。**地球に代替はないのだから**
 - －すべての科学者、エンジニア、市民に協働の呼びかけ

エネルギーの消費→温暖化の加速

燃料別に見る世界の二酸化炭素排出量



全国地球温暖化防止活動推進センター すぐ使える図表集

<http://www.jccca.org/chart/>

燃料別に見る世界の二酸化炭素排出量の推移

http://www.jccca.org/chart/chart03_03.html

(最終閲覧日: 2017年6月16日)

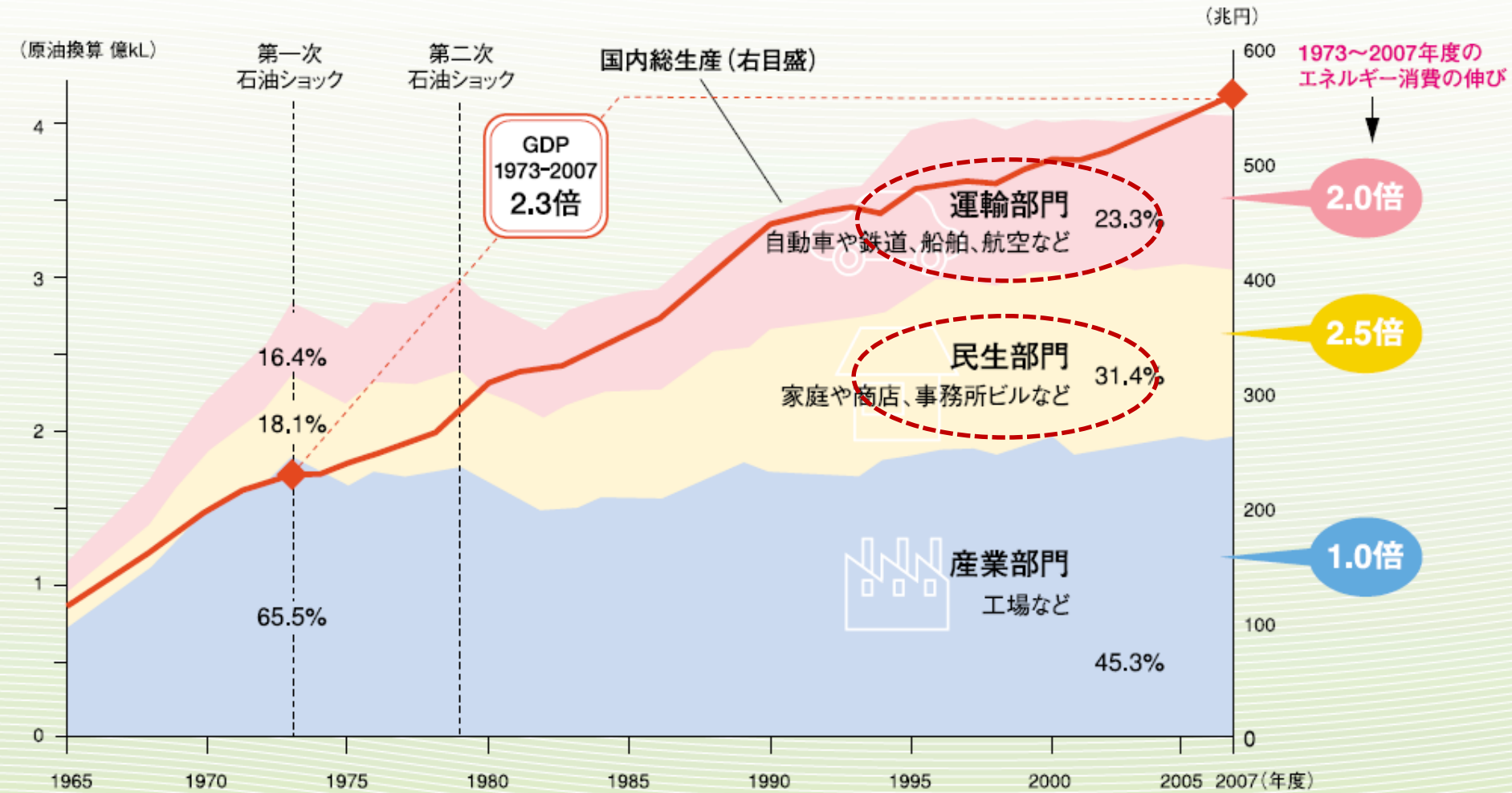
出所) オークリッジ国立研究所

工学の役割

- 工学の知による課題の解決・新たな価値の創出。そのための様々な角度からの知の追究(基礎・基盤)とその応用・総合化
- 環境問題は工学が解決すべき課題
- エネルギーに起因する環境問題に対しては:
 - 環境負荷の少ないエネルギーを作る
 - エネルギーの消費を抑える
 - エネルギーを効率よく使う
- 持続可能で、より暮らしやすい社会、より安全で安心、快適な社会の実現

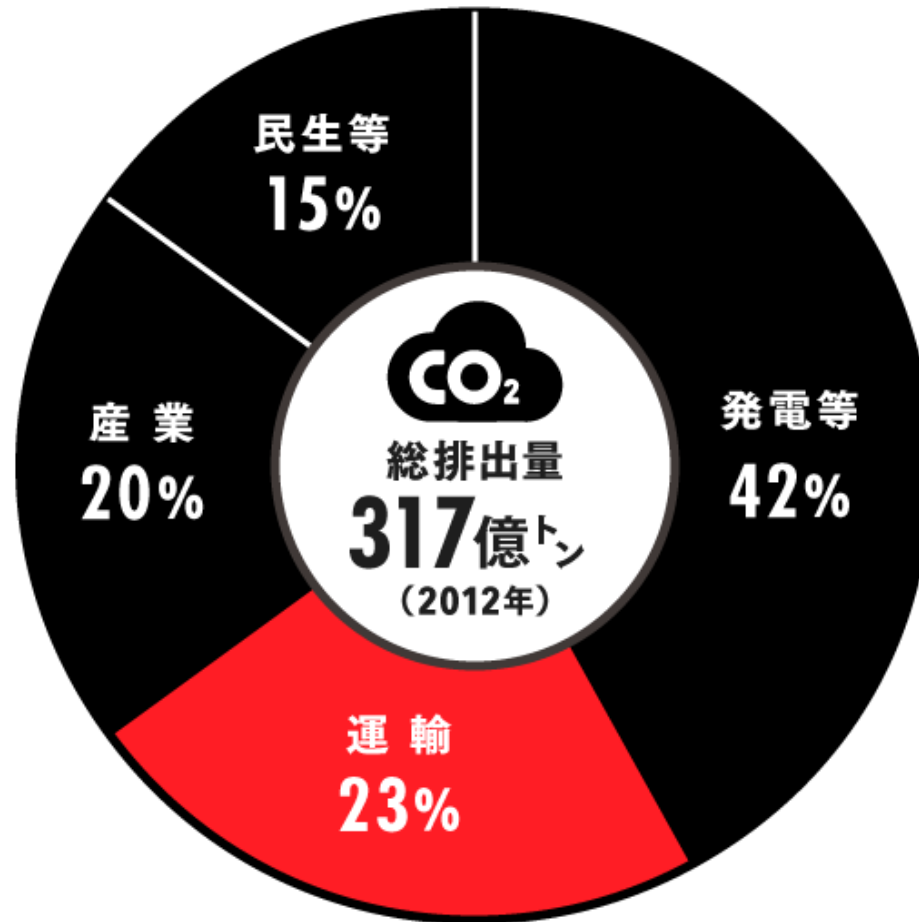
誰がエネルギーを使っているのか(日本)

出所:資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、内閣府「国民経済計算年報」、(財)日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」



エネルギーは何に使われているか

世界のセクター別CO₂排出量



(出所) IEA「ETP (Energy Technology Perspectives) 2012」をもとにUZABASE作成

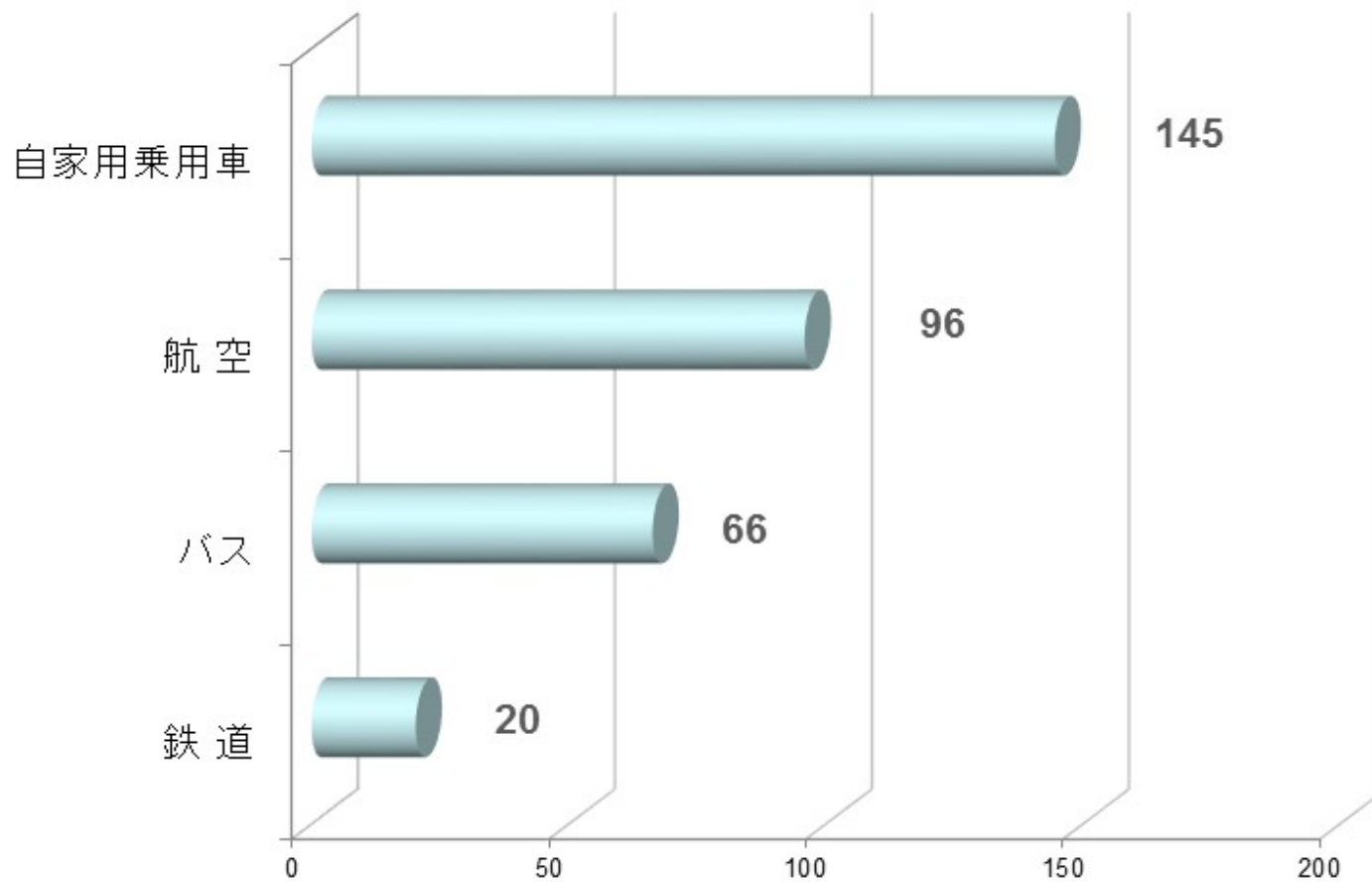
2015年11月14日 航空業界、迫られる環境対応

中川希望

<https://jp.ub-speeda.com/analysis/archive/20/>

Utoyo Online Education 学術俯瞰講義 2017 小関敏彦 [CC BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

移動体からのCO₂排出

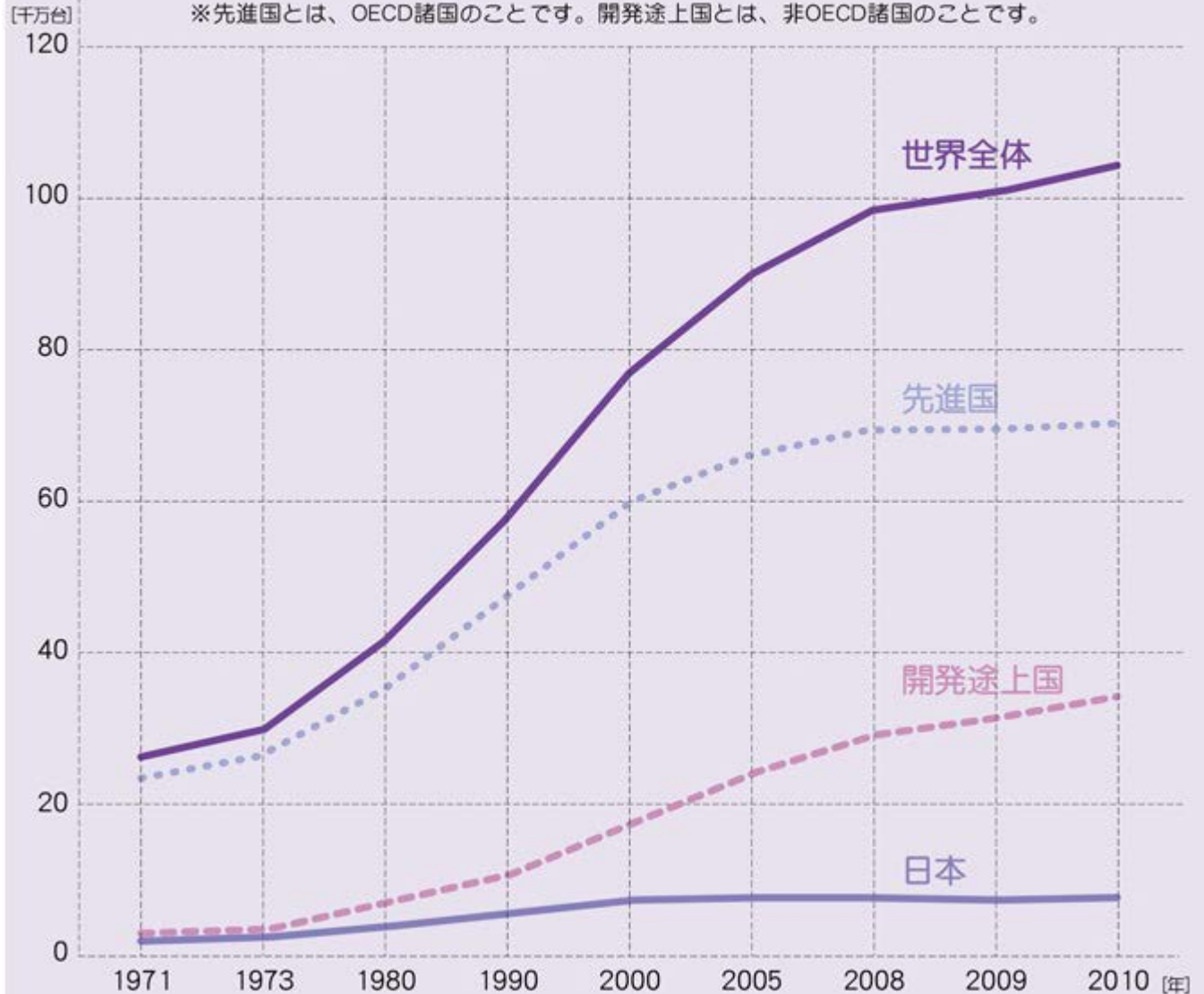


g-CO₂/km人

国土交通省 運輸部門における二酸化炭素排出量
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html
輸送量あたりの二酸化炭素の排出量
(最終閲覧日: 2017年6月16日)

まだまだ 増える 自動車

世界の自動車保有台数の推移



全国地球温暖化防止活動推進センター すぐ使える図表集

<http://www.jccca.org/chart/>

世界の自動車保有台数の推移(1971~2010年)

http://www.jccca.org/chart/chart05_03.html

(最終閲覧日:2017年6月16日)

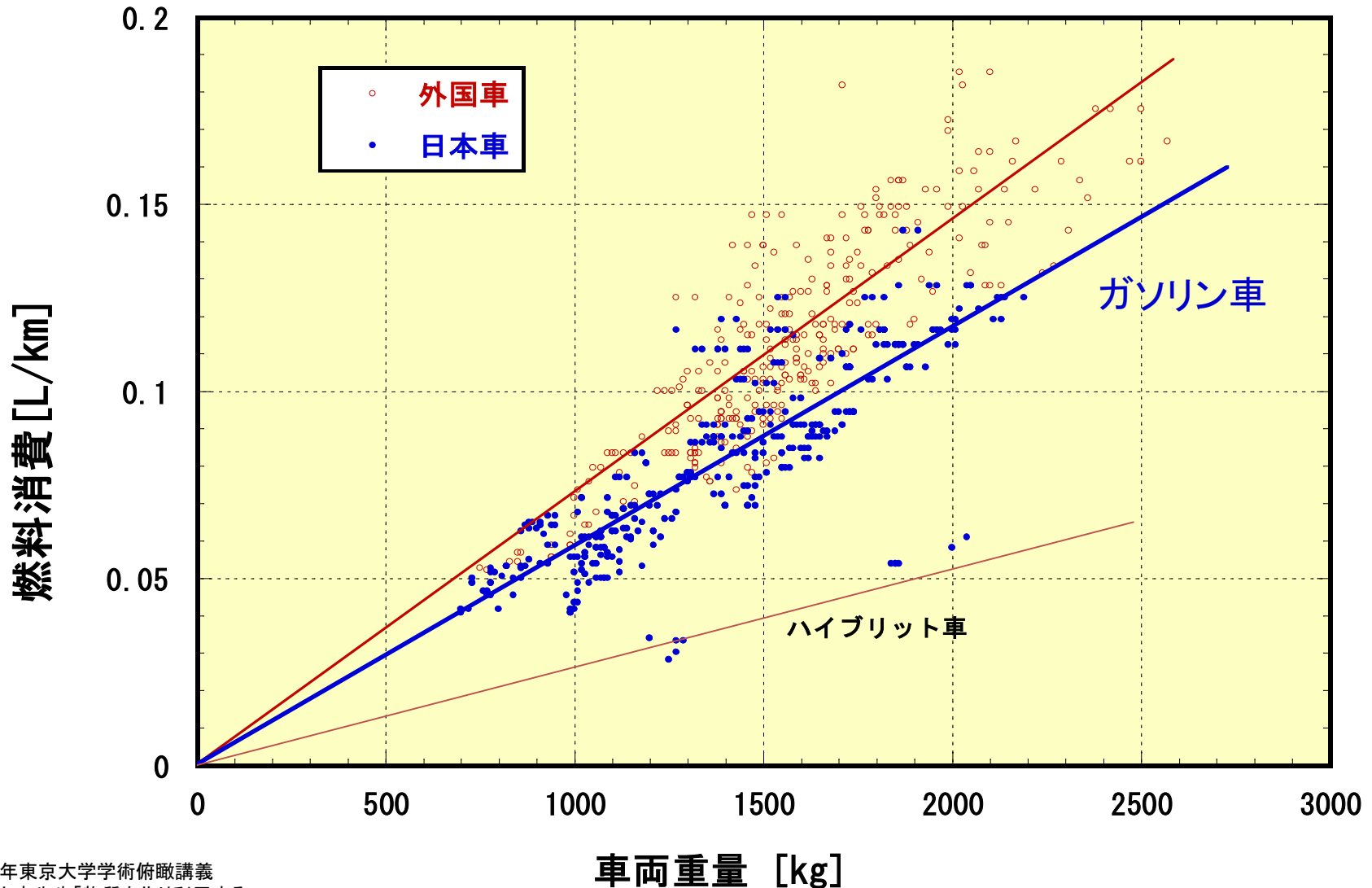
出典) EDMC/エネルギー・経済統計要覧2013年版

自動車のCO₂排出低減のために

- 自動車の軽量化
 - 強い材料による軽量化
 - 軽い材料による軽量化
 - 軽量化と同時に、衝突安全性との両立必要
 - 生産性やコストとも両立必要
- ガソリン低減・脱ガソリン
 - エンジンの小型化(ダウンサイジング)、ハイブリット車(HV)、電気自動車(EV)、燃料電池車(FCV)
 - エネルギー消費、走行距離、動力系の小型化のためにも車体軽量化は必要

自動車の重量とエネルギー消費

Yahoo! Japan Autosより現行車種を抽出
(<http://car.autos.yahoo.co.jp/>)



2005年東京大学学術俯瞰講義
小宮山宏先生「物質を作り利用する」
P25に一部加筆

材料 – すべての工学の基盤

構造材料 (強度、延性などの力学的特性)

機能材料 (電気、磁気、光学、生体適合などの特性)

無機材料

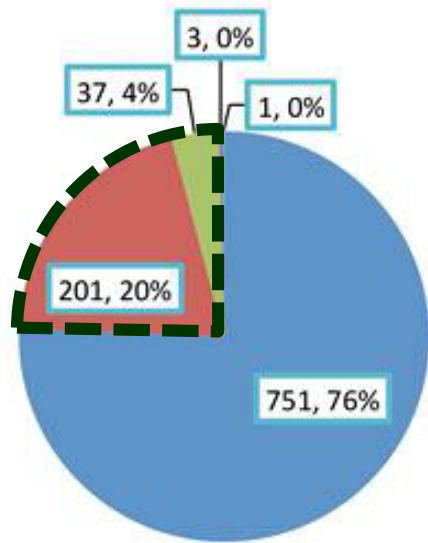
金属 (鉄鋼、非鉄合金、金属間化合物)

非金属 (セラミックス、ガラス)

有機材料 (高分子材料)

複合材料 (繊維強化プラスチック、他)

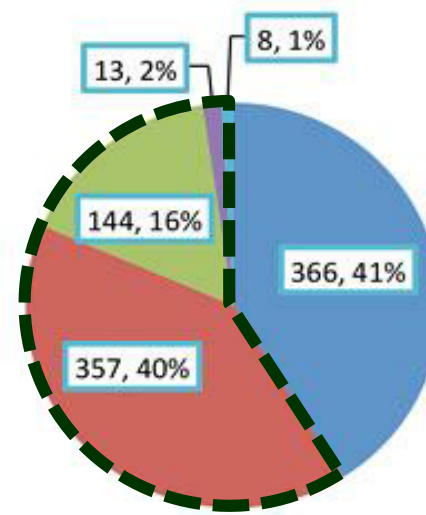
高強度材料、軽量材料の適用による自動車の軽量化・環境対応(北米での予測)



2015 Body & Closure

- Mild and HSLA
- AHSS/UHSS
- Aluminum Sheet
- Aluminum Extrusions
- Aluminum VD Castings

993 lbs.



2025 Body & Closure

- Mild and HSLA
- AHSS/UHSS
- Aluminum Sheet
- Aluminum Extrusions
- Aluminum VD Castings

888 lbs.

AHSS (Advanced High-Strength Steel), UHSS (Ultra-High-Strength Steel)、
軽量アルミ合金の適用が進む

JIM WARD

Straightening AHSS Advanced straighteners needed to flatten stubborn advanced high-strength steels

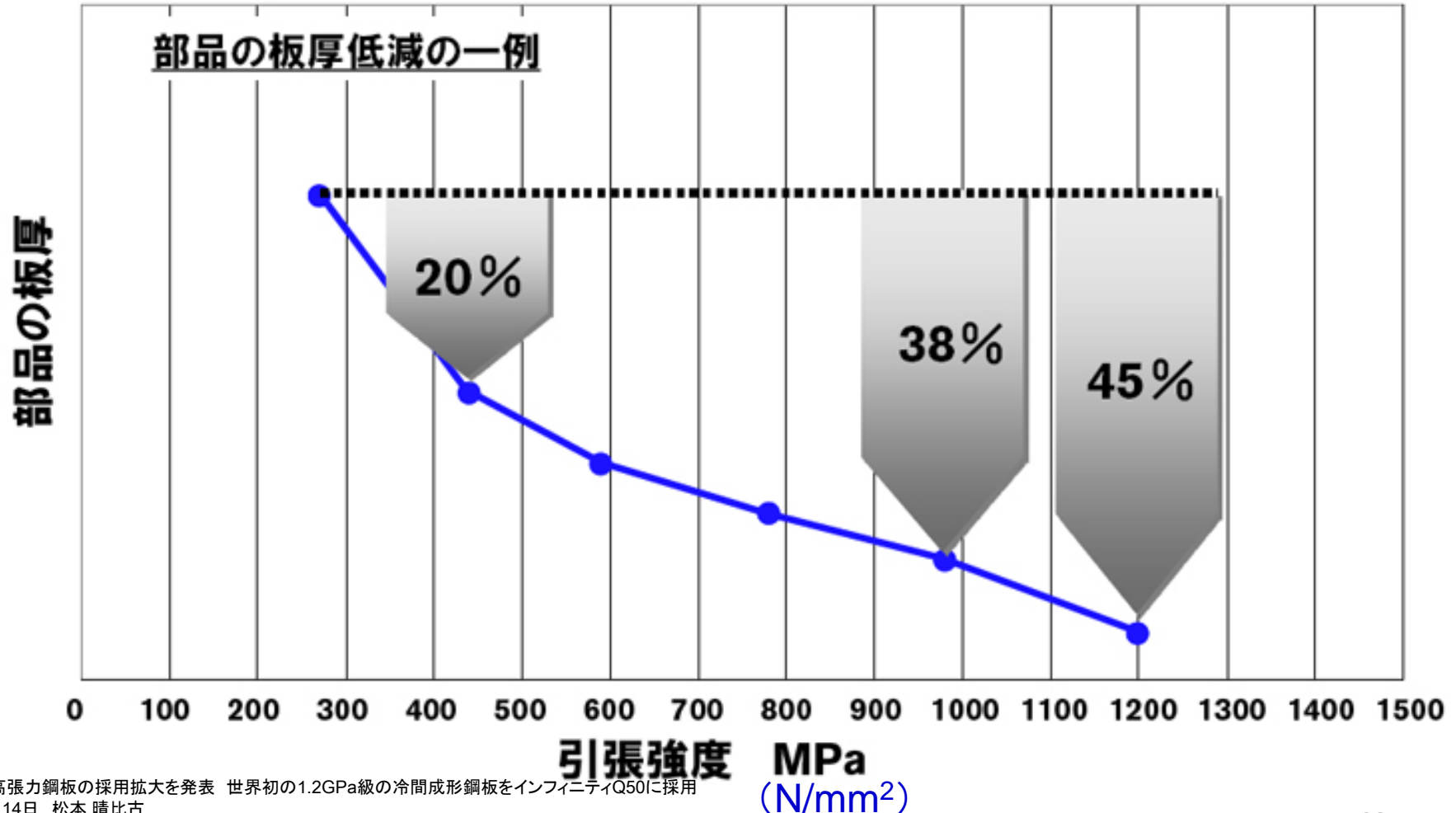
<http://www.thefabricator.com/article/stamping/straightening-ahss>

2014年11月24日

(最終閲覧日: 2017年6月16日)

材料の高強度化による軽量化メリット

- 材料の強度アップによって部材の薄肉化が可能



【日産】超高張力鋼板の採用拡大を発表 世界初の1.2GPa級の冷間成形鋼板をインフィニティQ50に採用
2013年3月14日 松本 晴比古
<http://autoprove.net/2013/03/31124.html/2/>
(最終閲覧日:2017年6月16日)

安全への備え

軽量化と衝突安全の両立

著作権等の都合により、ここに
挿入されていた画像を削除し
ました

自動車正面衝突実験の画像

著作権等の都合により、ここに
挿入されていた画像を削除し
ました

自動車正面衝突実験の画像

著作権等の都合により、ここに挿入されていた画像を削除しました

自動車正面衝突実験の画像

金属材料の強度

著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像を削除しました

W.D.キャリスター著、入戸野修監訳、『材料の科学と工学2金属材料の力学的性質』培風館2002
p. 16 図1.11 工学的応力 - ひずみ曲線
オリジナル(William D. Callister "Materials science and engineering:an Introduction"(Any version is acceptable)
6.6 TENSILE PROPERTIES
P125 Fig.6.10 Typical engineering stress-strain behavior to fracture)の図を改変

- 降伏強度
永久変形開始
設計強度
- 引張強度
破断・破壊限界
- ヤング率
弾性率、たわみ
- 伸び
延性、耐破断
加工
強度 × 伸び
エネルギー吸収

様々な高強度鋼の組合せによる軽量化と安全

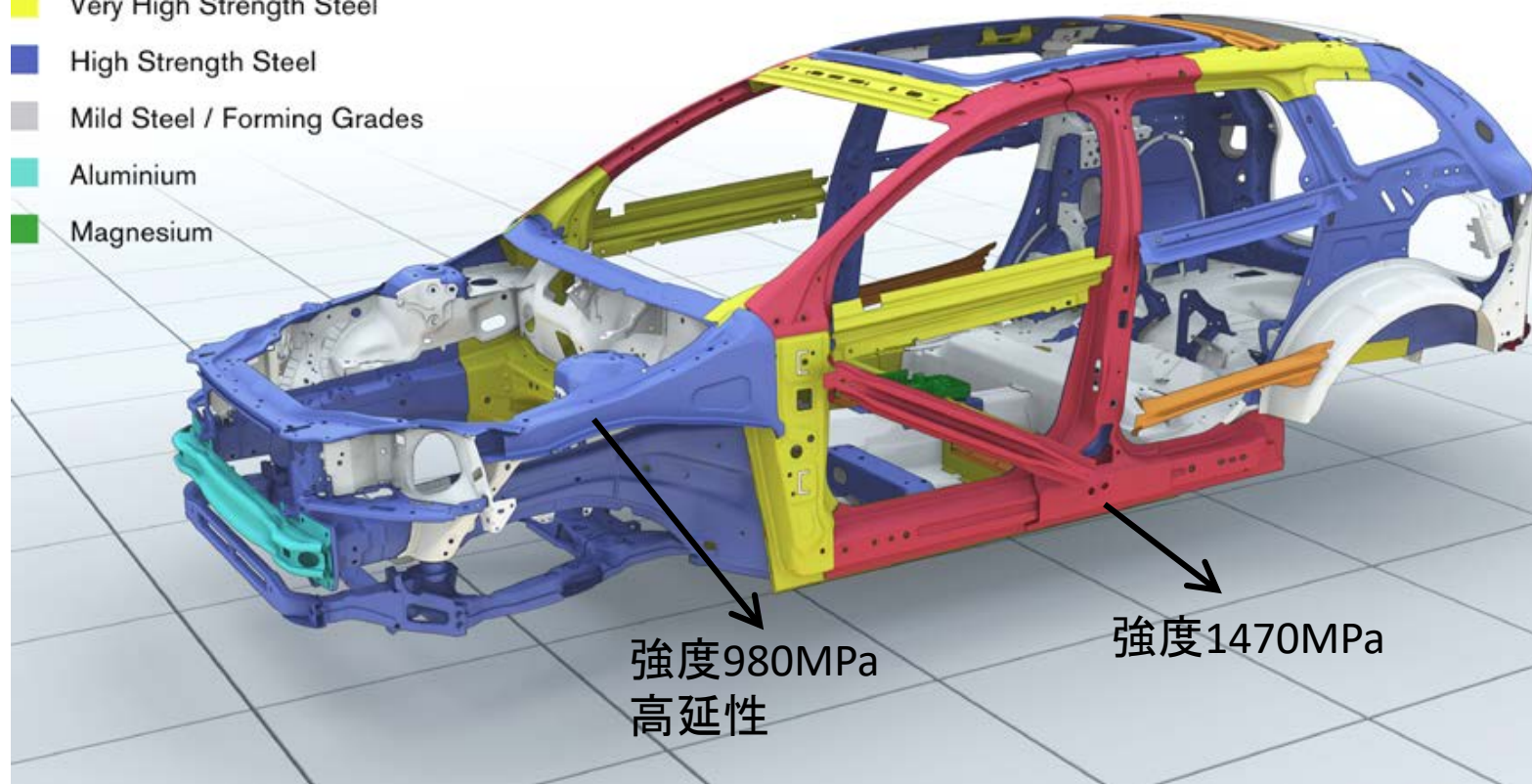
Volvo Car UK

<https://www.media.volvocars.com/uk/en-gb/media/pressreleases/14537/photos>

Volvo XC60 Mar 04, 2008 ID: 14628 Volvo XC60, Safety Cage

(最終閲覧日: 2017年8月29日)

- Ultra High Strength Steel
- Extra High Strength Steel
- Very High Strength Steel
- High Strength Steel
- Mild Steel / Forming Grades
- Aluminium
- Magnesium



軽量化、安全(変形によるエネルギー吸収、耐破断)の両立
製造性(加工性)、コストも同時に。

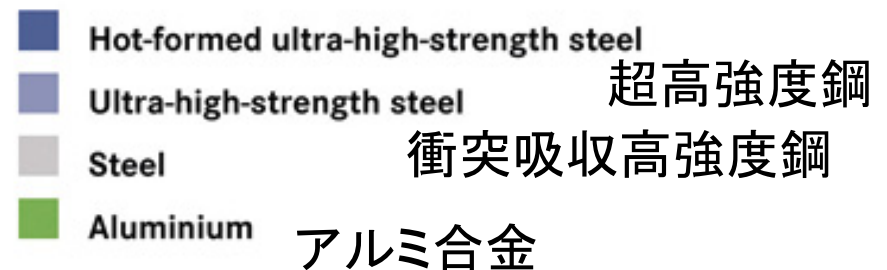
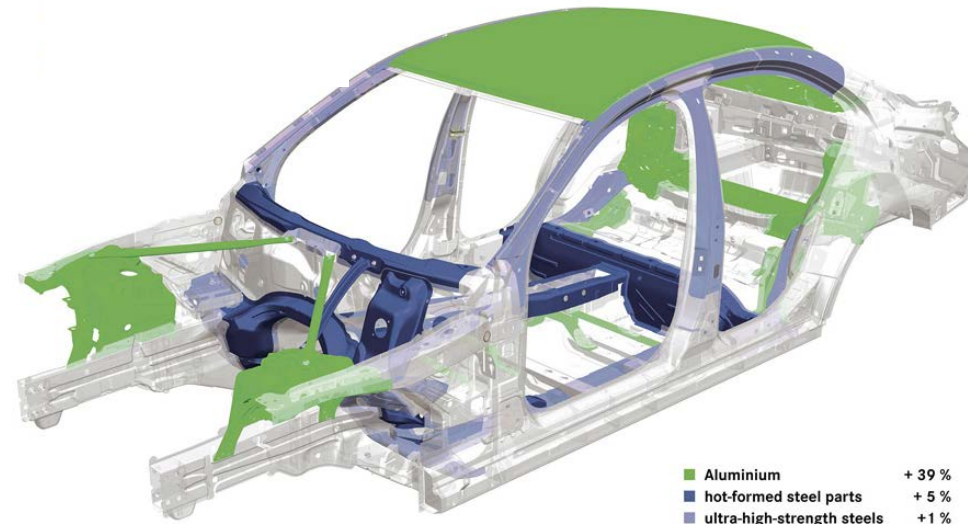
高強度鋼板とAI合金の併用による軽量化と安全

BMW 5シリーズ

著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像を削除し
ました

BMW5シリーズの高強度鋼構成図
BMW 5er Limousine -
Intelligenter Leichtbau
<http://www.bmwarchiv.de/foto/2220-190-bmw-5er-limousine-intelligenter-leichtbau.html>

メルセデスCクラス



Mercedes-Benz
Sturdy bodyshell – made easy.
<https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/innovation/sturdy-bodyshell-made-easy/>
(最終閲覧日: 2017年8月29日)

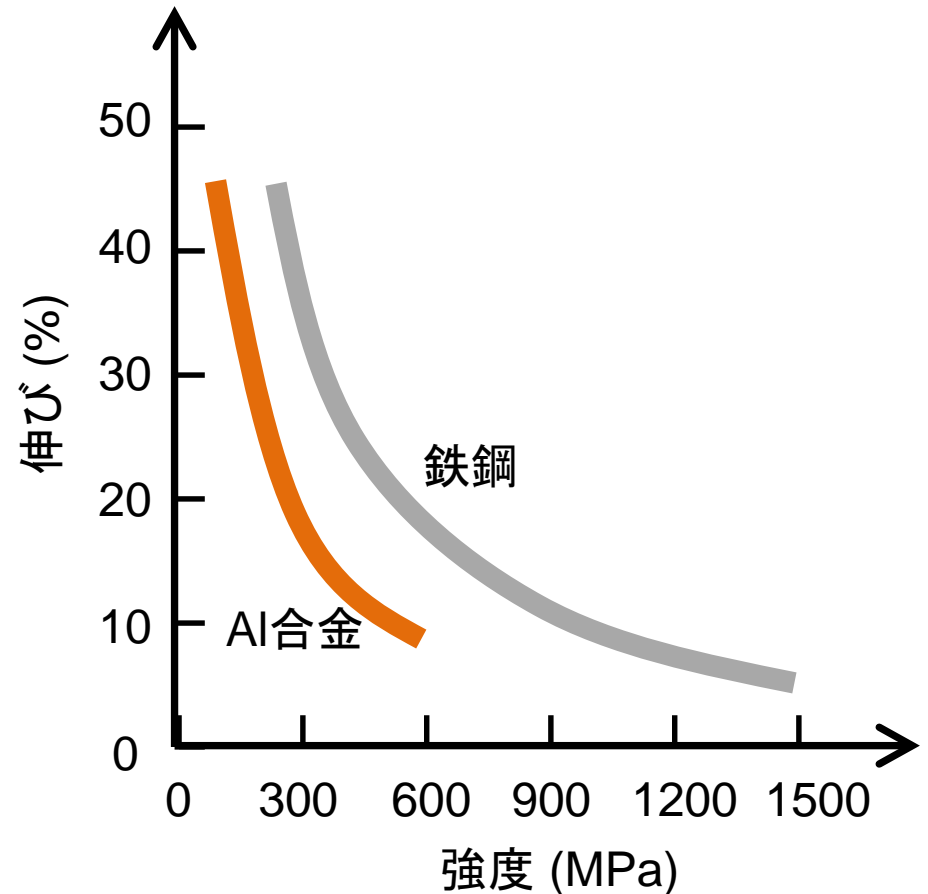
鉄鋼 vs アルミ合金

鉄鋼

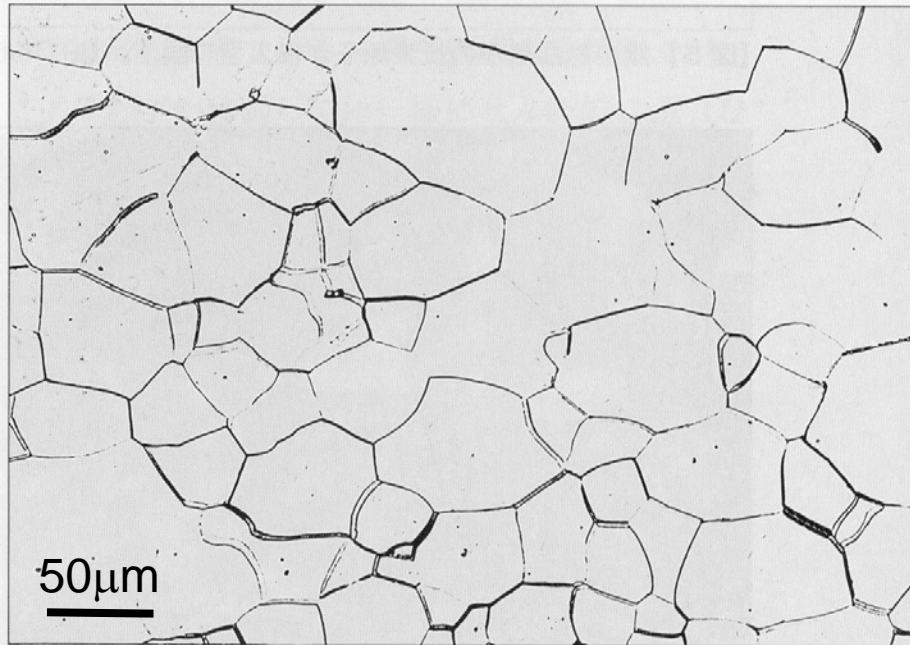
- 比重 7.8
- 強度 200~1500MPa
- 伸び 45~5%

アルミ合金

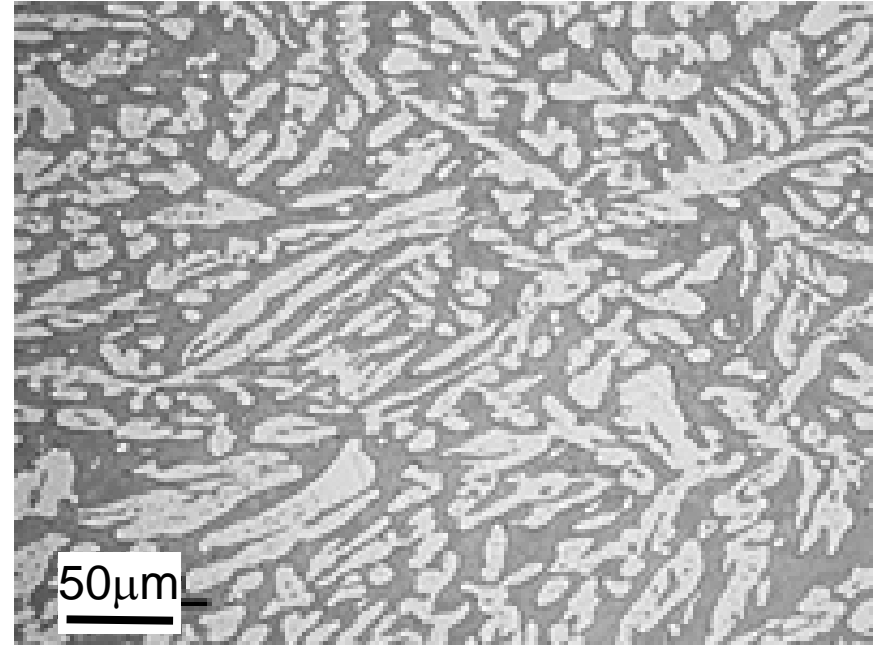
- 比重 2.7
- 強度 90~600MPa
- 伸び 45~10%



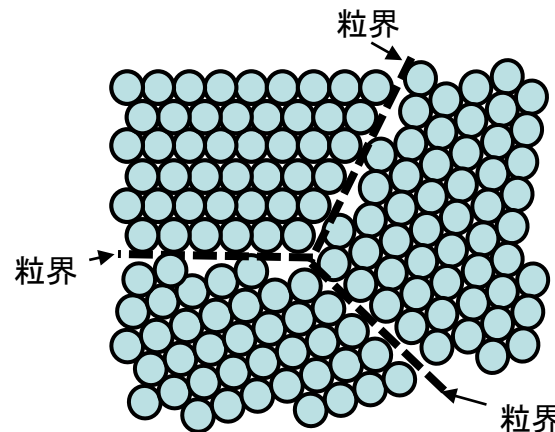
金属のミクロ組織



単相組織
結晶粒
結晶粒界



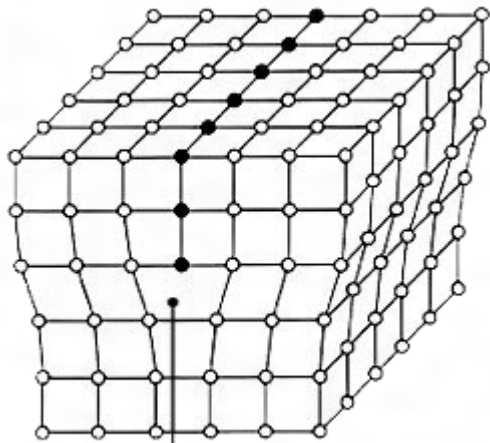
二相組織



大太平洋製鋼株式会社
<http://pacificsteelmfg.co.jp/>
独自技術 スーパー2相系ステンレス鋼
スーパー2相系ステンレス鋼を用いたポンプケーシングの開発と製品化
<http://pacificsteelmfg.co.jp/technique/dokuji.html>

金属材料の強度

● 金属の変形 - 転位 (線状の格子欠陥) の活動



刃状転位

~1km/mm³

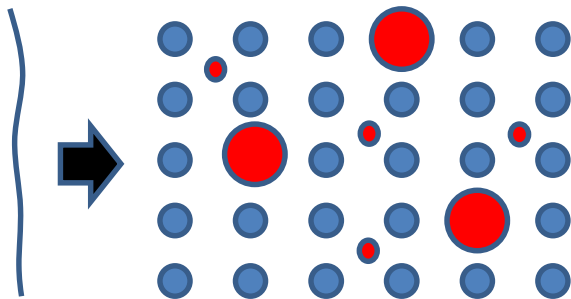
著作権等の都合により、ここに挿入されていた画像を削除しました

金属転移模式図

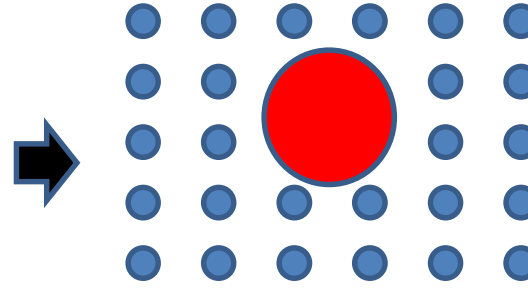
著作権等の都合により、ここに挿入されていた画像を削除しました

金属転移映像

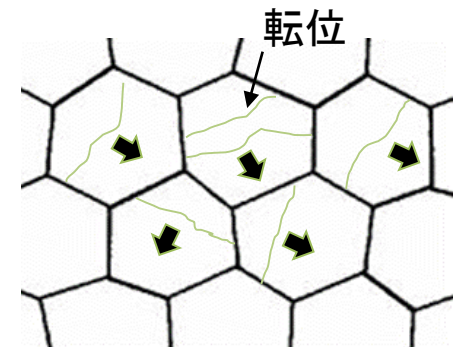
■ 金属の強度-転位の移動の妨害



合金化(固溶原子)



析出・分散粒子

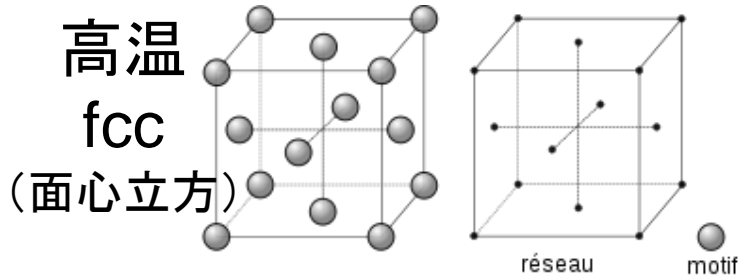


結晶粒微細化²⁷

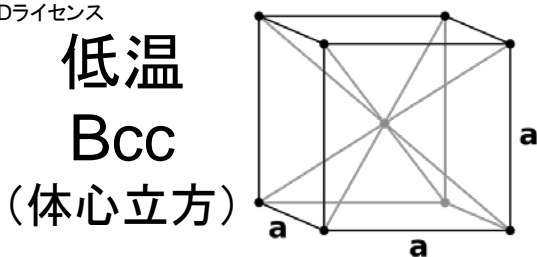
鉄鋼材料の強度向上

- 高温と低温でFeの原子配列が変化(相変態)
- 合金設計(alloy design)、加工・冷却(TMCP)で相変態を制御

Figure by cdang ,from Wikipedia
https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%9D%A2%E5%BF%83%E7%A B%8B%E6%96%B9%E6%A0%BC%E5%AD%90%E6%A7%8B %E9%80%A0#/media/File:Cubique_a_faces_centrees_A1.svg
CC BY-SA 3.0

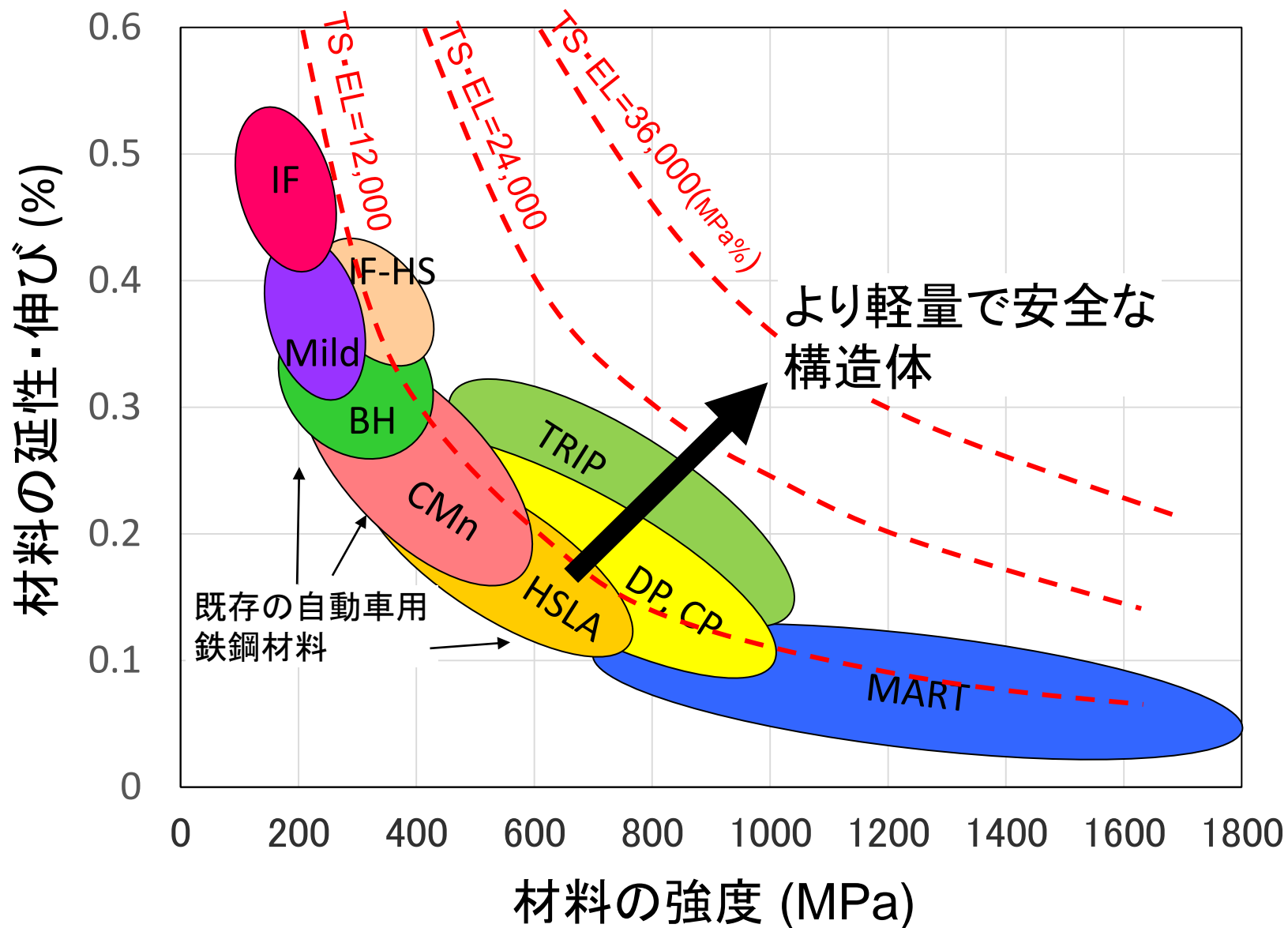


冷却 ↓ fcc → bcc
相変態



- 相変態を利用した組織と固溶元素の制御
 - フェライト(軟質、高延性・加工性)
 - パーライト(硬質)、フェライトとの組合せ
 - マルテンサイト(超硬質、しかし脆性)
- マイクロアロイ元素による析出制御
 - Ti, Nb, V炭化物の粒子分散
- 相変態+加工・冷却制御(TMCP)による結晶粒微細化

高強度で高延性な鉄鋼材料を求めて

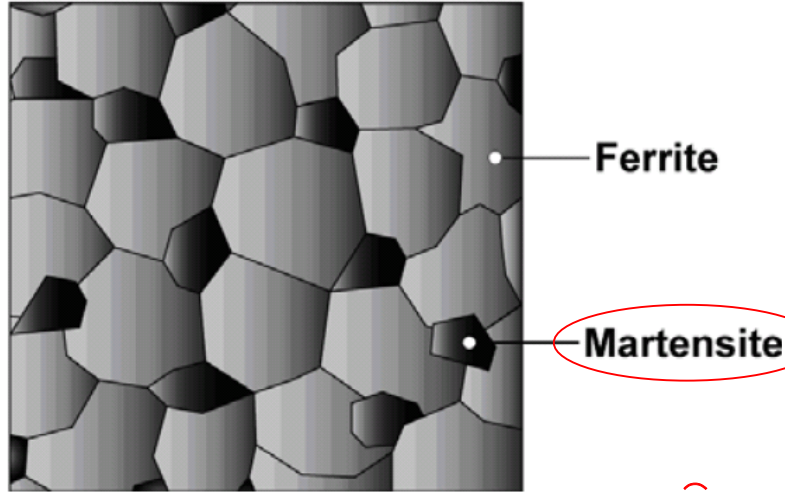


鉄鋼材料の高強度と高延性の両立

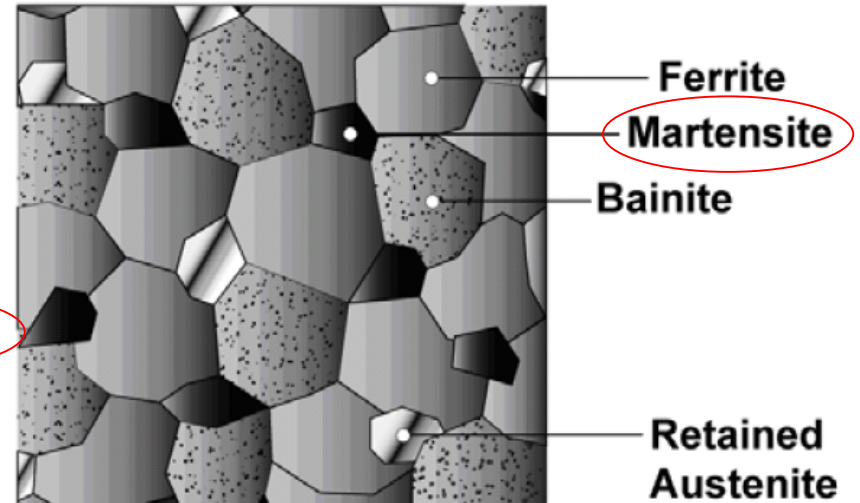
World Auto Steel
<http://www.worldautosteel.org/>
 Dual Phase (DP) Steels
<http://www.worldautosteel.org/steel-basics/steel-types/dual-phase-dp-steels/>
 Fig2-2

World Auto Steel
<http://www.worldautosteel.org/>
 Transformation-Induced Plasticity (TRIP) Steel
<http://www.worldautosteel.org/steel-basics/steel-types/transformation-induced-plasticity-trip-steel/>
 Fig2-6、2-8

Ferrite-Martensite DP

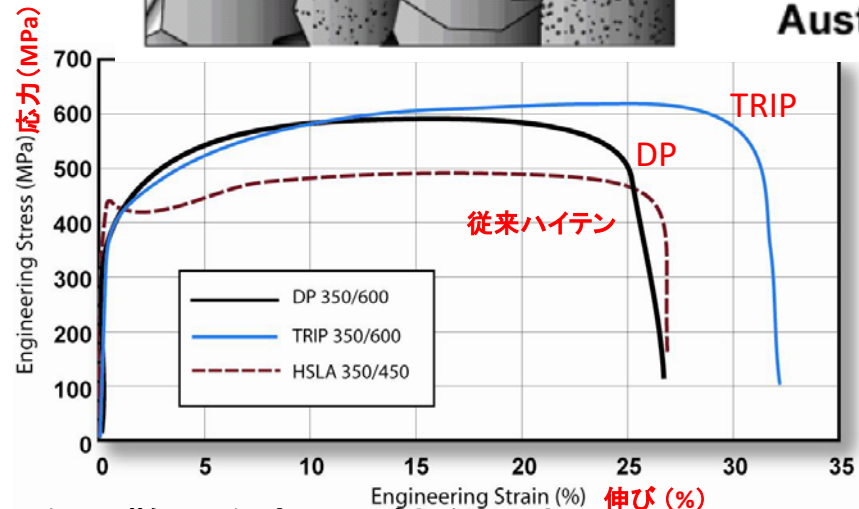


TRIP



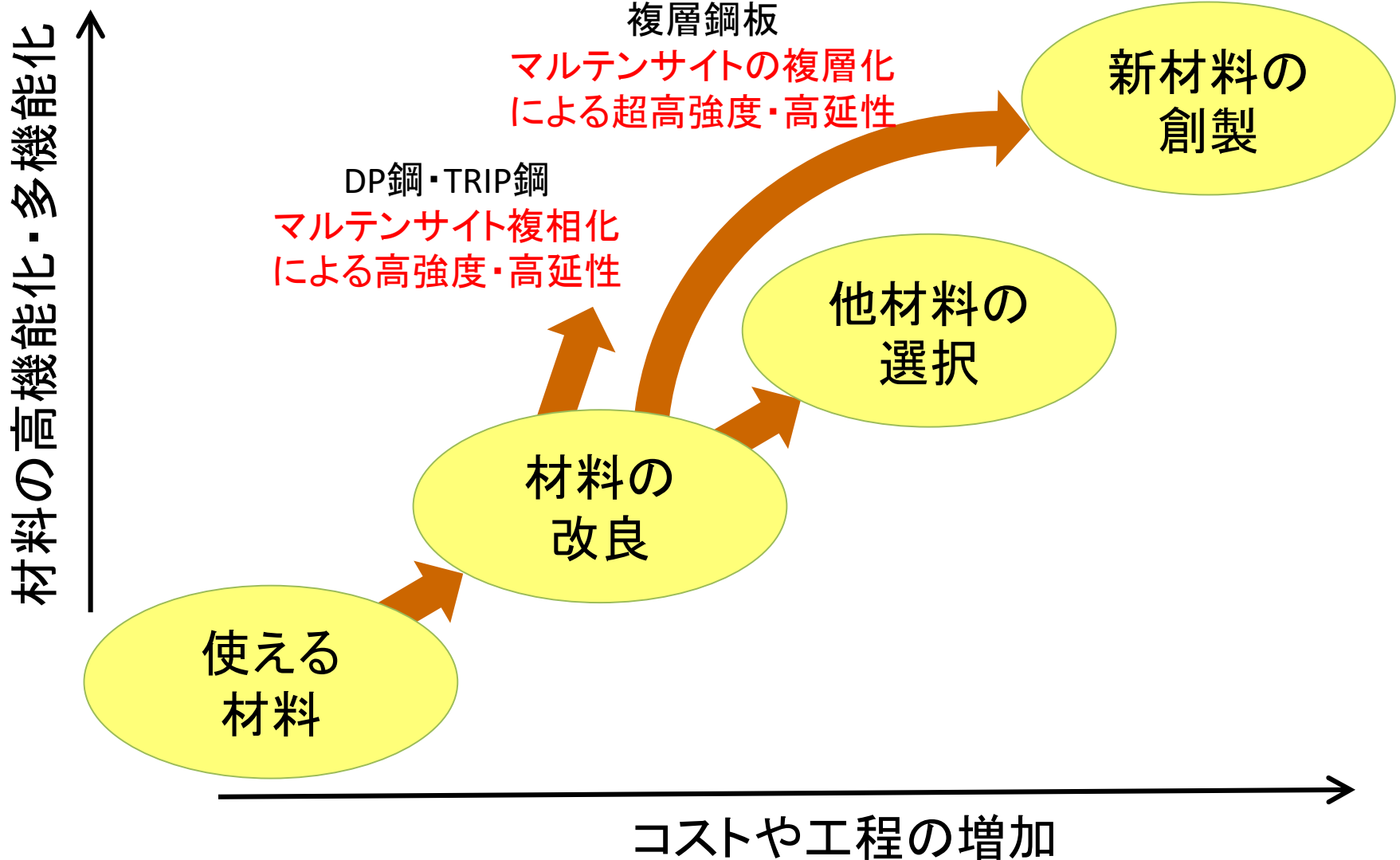
著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画
像を削除しました

鉄鋼の顕微鏡図



- 高強度のマルテンサイトを分散し強度と延性を両立
- しかし、モノリシックな材料では、マルテンサイトの増量は限界

材料の進化の過程

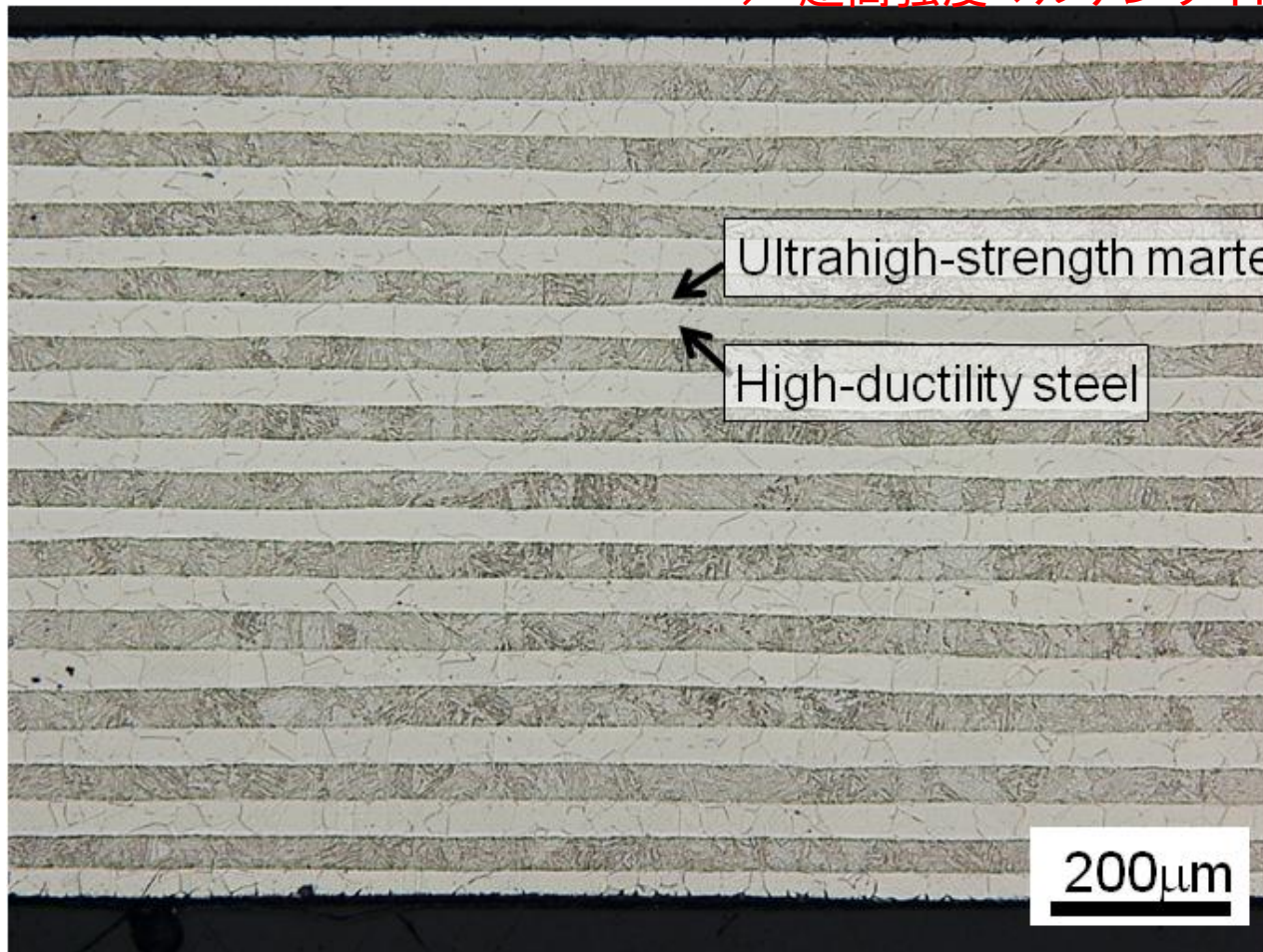


我々が取組む新たな超高強度鋼－複層鋼板

これまでの鉄鋼材料はmonolithicな材料内でのミクロ／ナノの組織の作り分け

複層鋼板では内部構造をデザイン、必要な相を必要な空間部位に必要量

→ 超高強度マルテンサイトを構成層に



マルチスケール設計
(Architected Material)

層厚・層構成

(マクロ設計)

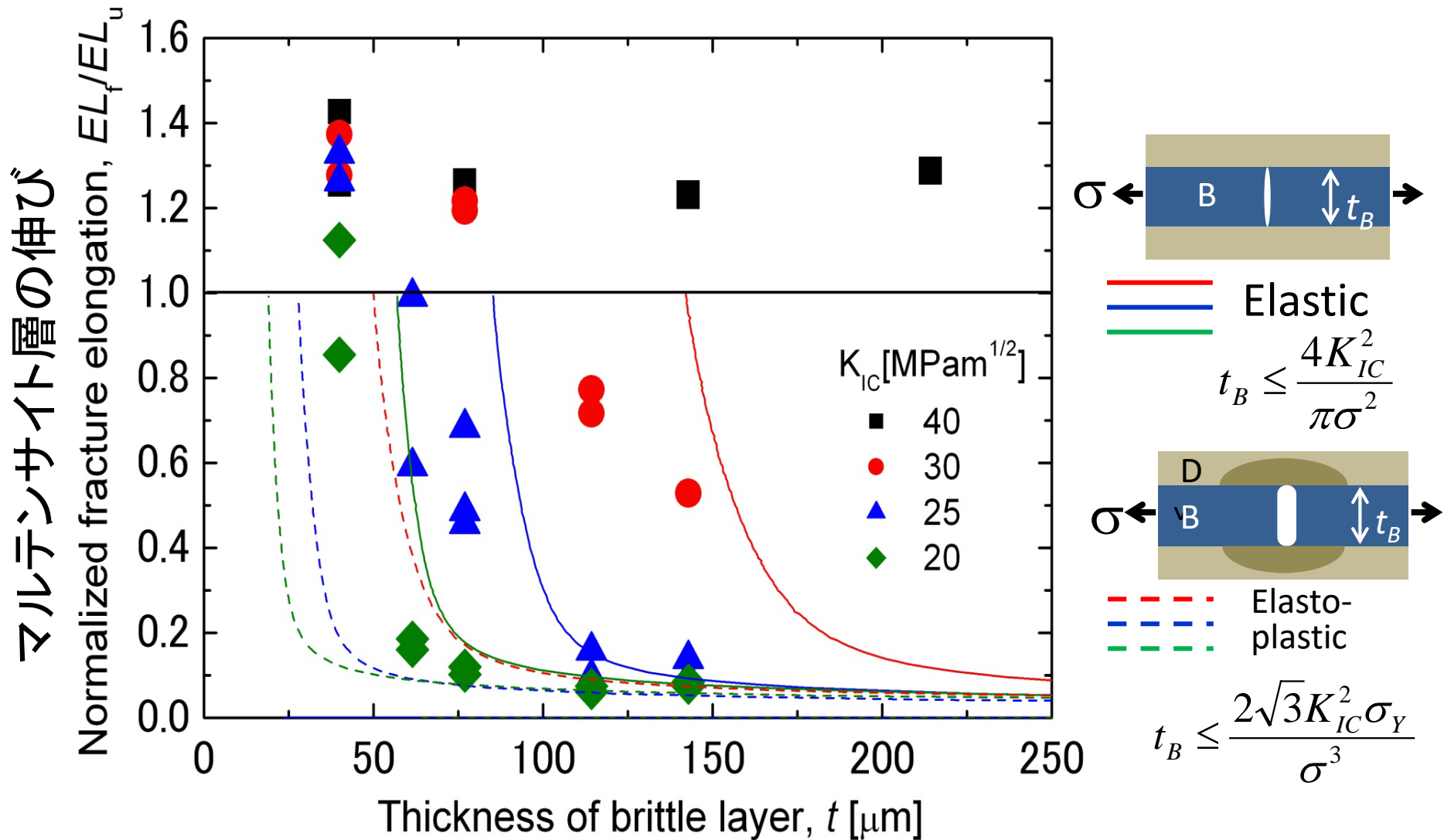
各層の組織・特性

(ミクロ設計)

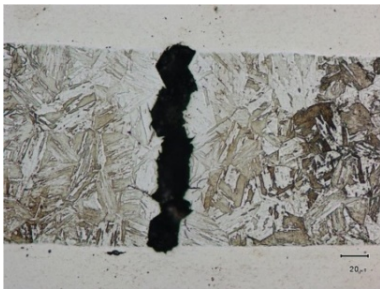
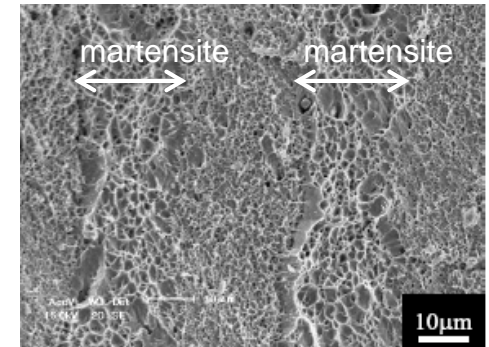
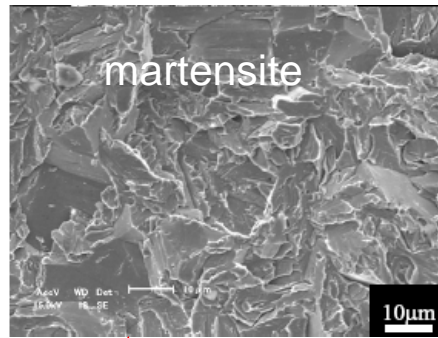
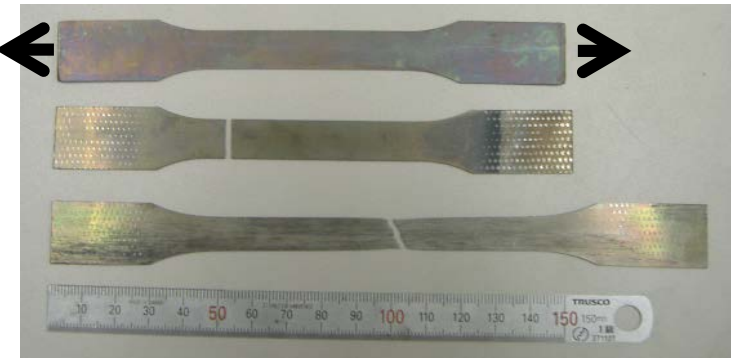
層間の界面強度

(ナノ設計)

複層鋼板のマクロ設計 (マルテンサイト層厚)

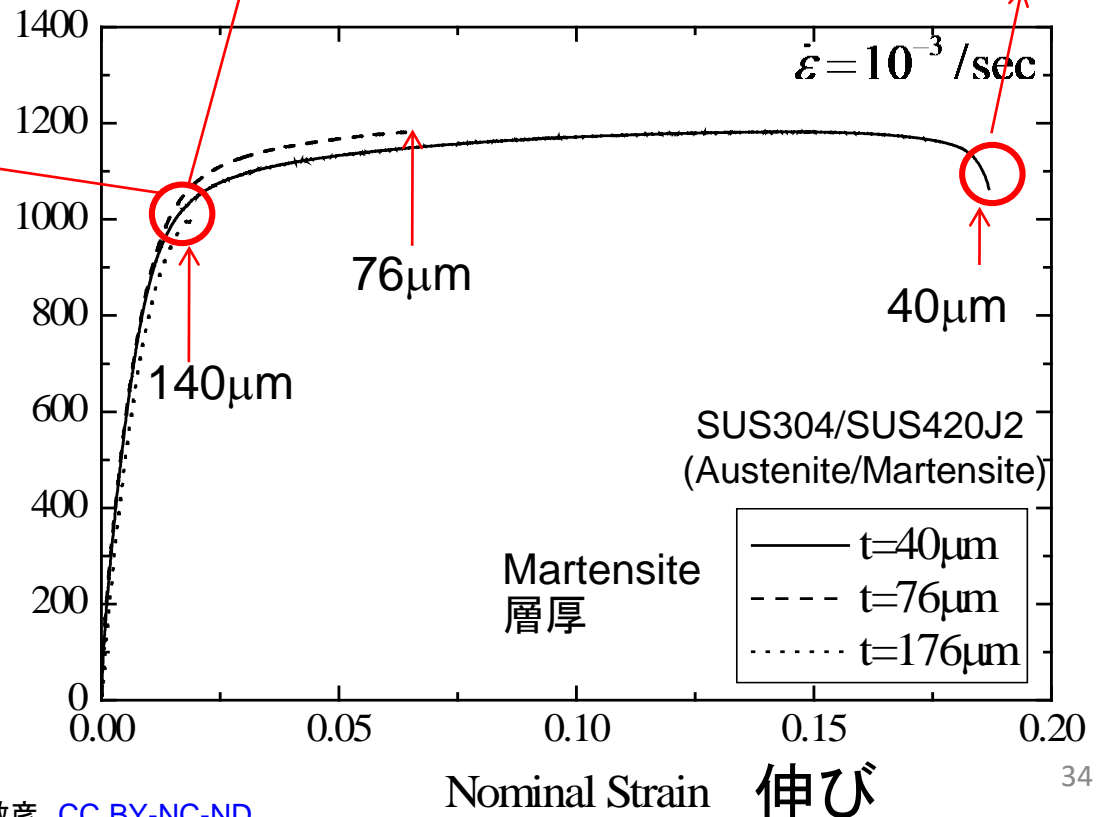


伸びる超高強度マルテンサイトの実現

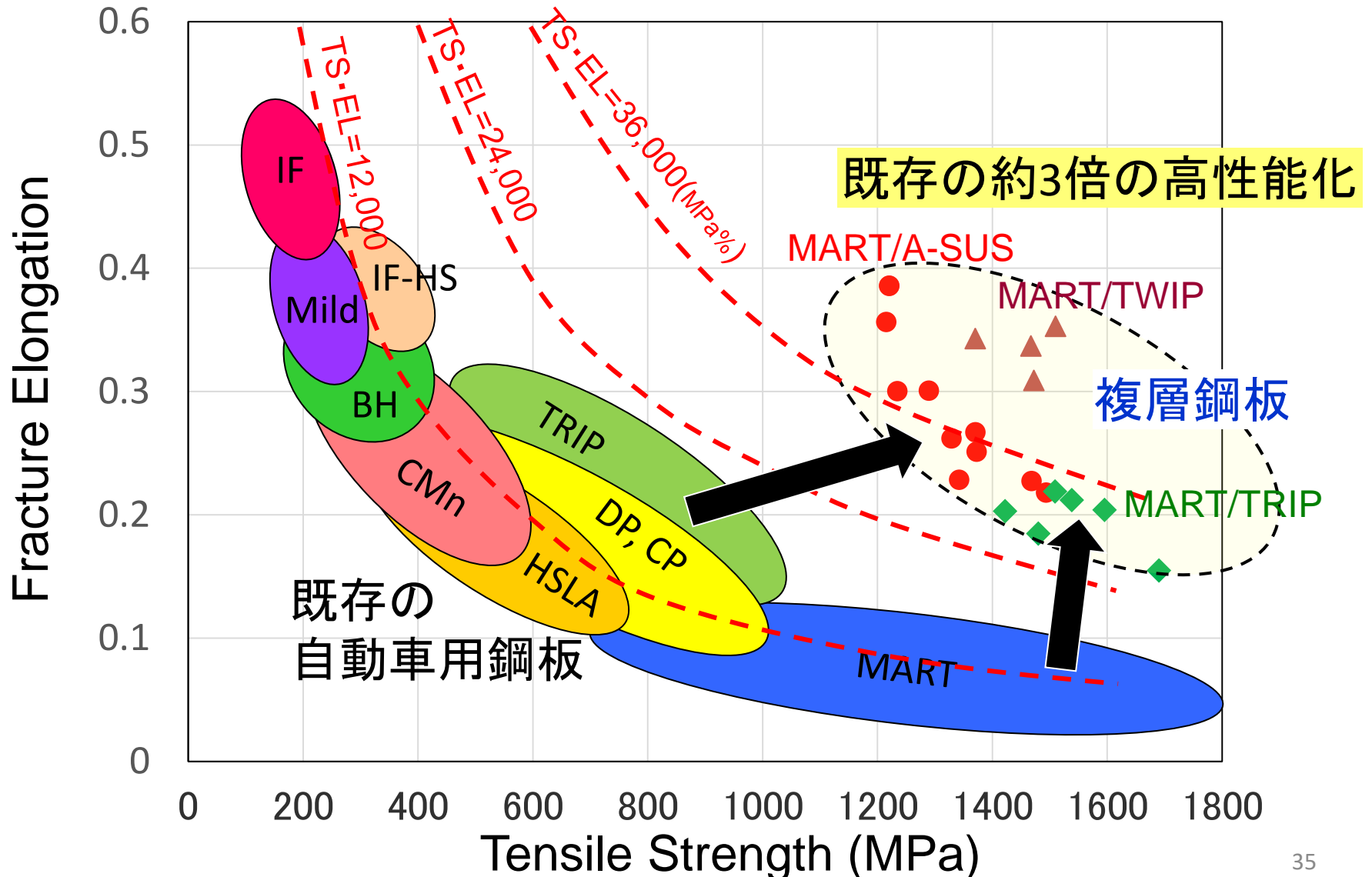


引張途中の脆性破断
破壊理論に応じた
幾何設計および界面
設計によりこれを抑制

強度 (MPa)
Nominal Stress (MPa)



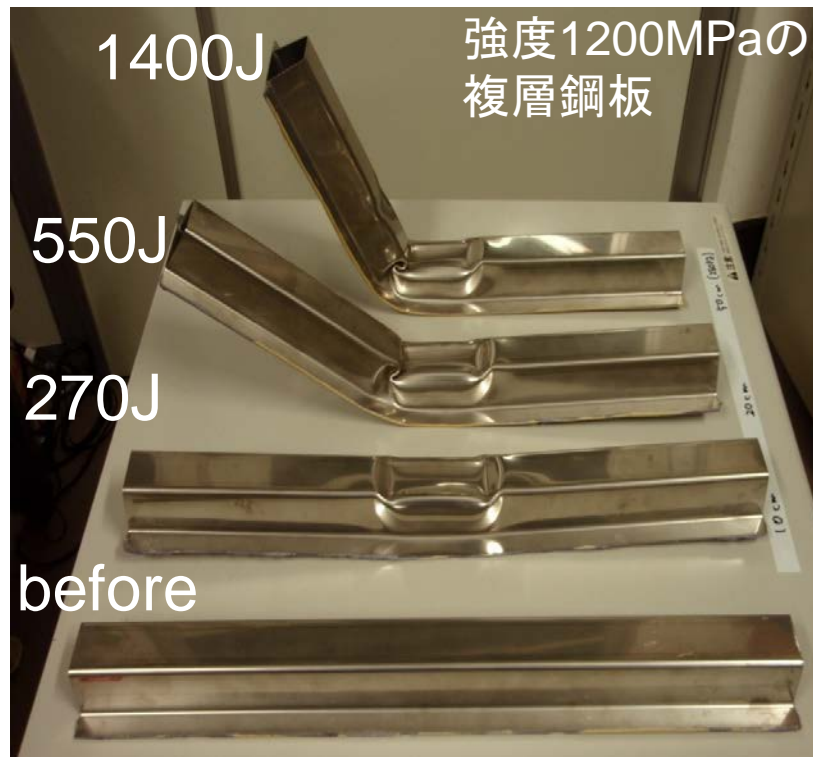
複層鋼板による超高強度・高延性



複層鋼板の自動車構造への適用



三次元成形性



1400J

強度1200MPaの
複層鋼板

550J

270J

before



1200MPa
複層鋼板

590MPa従来鋼



270J

強度590MPaの
従来鋼板

衝突模擬の落錘型軸圧壊試験
衝突エネルギー吸収1.5倍、変形 2/3

衝突模擬の落錘型高速曲げ試験
衝突エネルギー吸収 5倍 36

軽量化に向けたアルミボディ

Photo from Wikipedia Commons



ランドローバー

イノベーションの連続だった45年間

<https://www.landrover.co.jp/explore-land-rover/45-years-of-british-design/index.html>



レンジローバー

フォード ピックアップ
F150

- アルミニウムシート
- アルミ押し出し材
- アルミダイキャスト
- 高張力鋼板

アウディTT



ヤナセオートシステムズ「輸入車メーカーの認定工場」

<http://www.yanase-autosystems.co.jp/service/bp/factory-certificate.html>

アウディ アルミニウムボディ
ショップ

(最終閲覧日: 2017年8月29日)

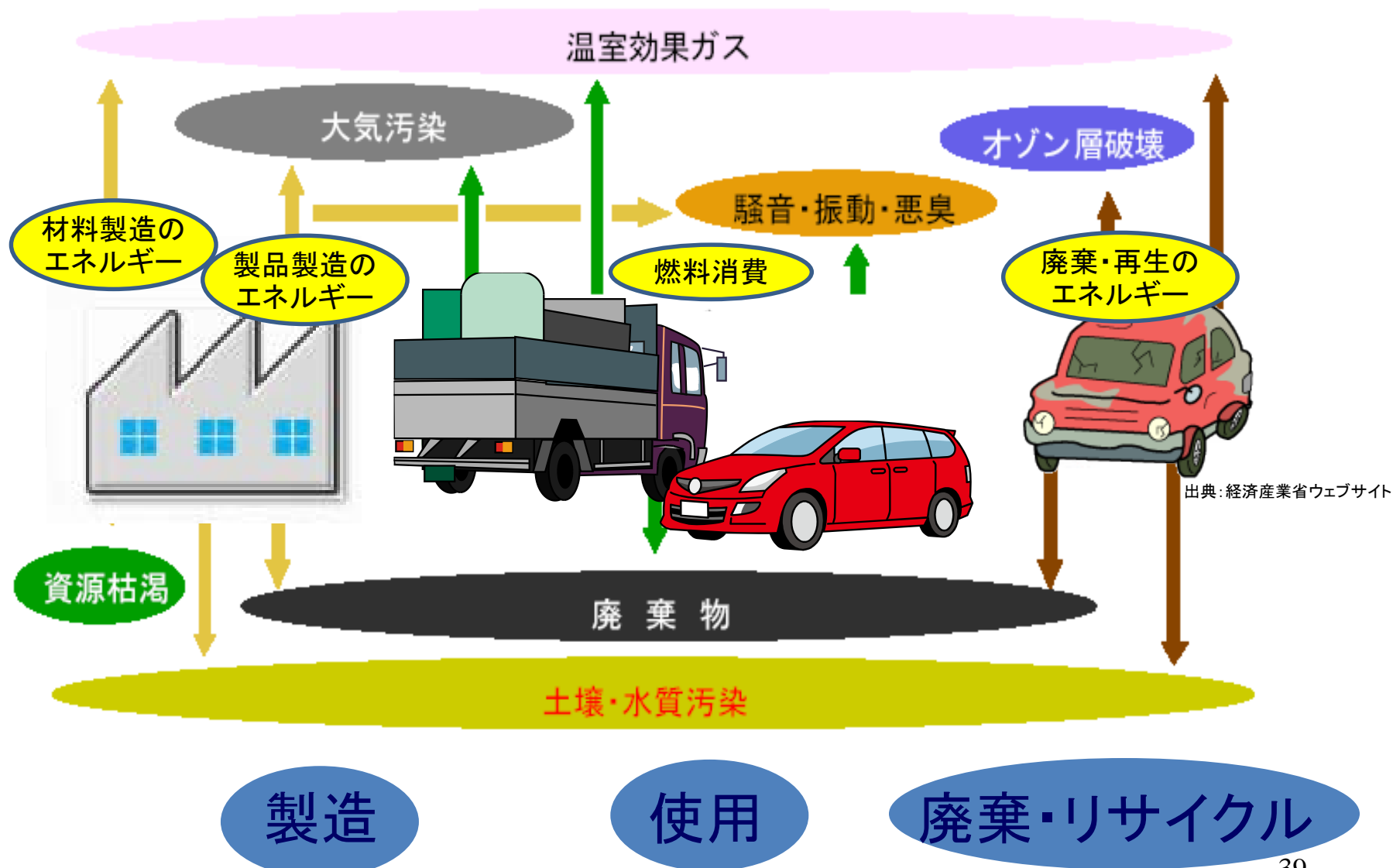
材料製造に必要なエネルギー(GJ/ton)

アルミニウム	280
プラスチック	85-180
銅	140-300
亜鉛	68
鋼	55
ガラス	20
セメント	7
れんが	4
木材	2.5-7
砂利	0.2
油	44
石炭	29

→ アルミは
電気の缶詰

M. Ashby and D.R.H. Jones著 大野・金子・大塚共訳 『材料工学入門』 内田老鶴圃 2004, p. 23 表2.4をもとに作成。

ライフサイクルで環境負荷低減が必要(自動車の例)



さらに 炭素繊維強化プラスチック(CFRP)による軽量化



©BMW AG

大きな価格差 鉄～100円/kg vs. CFRP～5,000円/kg

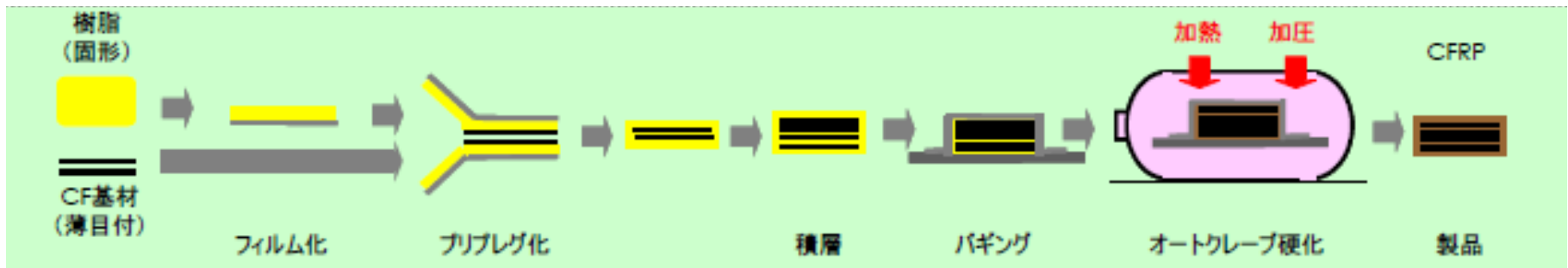
Utoyo Online Education 学術俯瞰講義 2017 小関敏彦 [CC BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

CFRPの製造

比重 1.5-1.7

強度 900-3000MPa

剛性 55-350GPa



名古屋産業科学研究所

「次世代自動車産学官フォーラム 技術開発セミナー～ものづくり技術で拓くモビリティ新産業～」

http://www.nisri.jp/jisedai/seminar_20131010.html

梅元禎孝「CFRPの材料、成形加工の最新技術と自動車への適用」

http://www.nisri.jp/jisedai/docs/lecture_20131010_umemoto.pdf

スライド11「プロセス比較」より

自動車の軽量化の候補材料

	比重	比強度 単位重量 あたり	ヤング 率	室温 加工性	溶接 接合性	製造 エネルギー	製造 CO ₂	価格	リサイク ル性
鉄鋼	7.8	30-200	210	○	○	1	1	1	○
アルミ	2.7	30-210	70	△	○	7	4.5	4~8	△
マグネ シウム	1.9	50-200	45	×	△	8	4.5	13~ 15	×
CFRP	1.5-1.7	60-400	55	×	×	14	12	50~ 120	×

この他、材料としての供給性、耐食性、塗装性、など多くの特性が求められ、いずれも鉄鋼材料が優れる。

自動車—軽量、安全に加えて 加工性や溶接性、コストが不可欠

著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像を
削除しました

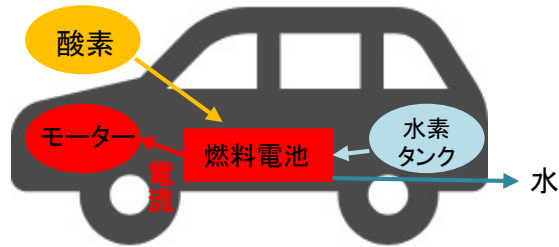
自動車製造マシンの写真

著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像を
削除しました

自動車製造ラインの写真

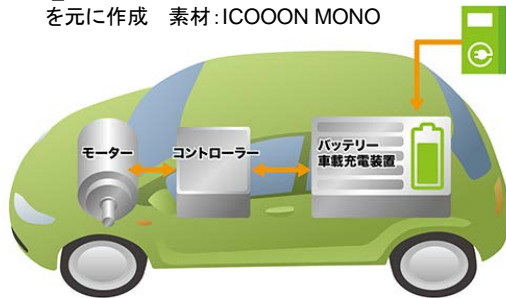
新たなる駆動系ーFCV, EV, HV

燃料電池車



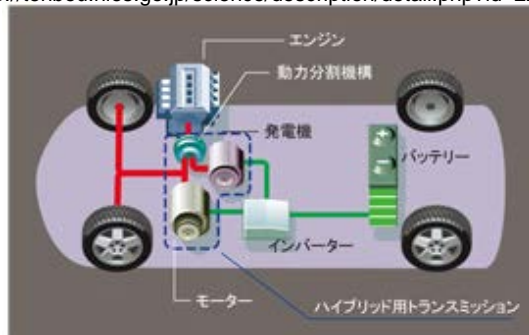
JHFC水素・燃料電池実証プロジェクト
燃料電池自動車 (FCV) のしくみ
[http://www.jari.or.jp/Portals/0/jhfc/beginner/about_fcv/](http://www.jari.or.jp/Portals/0/jhfc/beginner/about_fc/)
を元に作成 素材:ICOON MONO

電気自動車



環境展望台 環境技術解説 電気自動車 (EV) 図3
<http://tenbou.nies.go.jp/science/description/detail.php?id=22>

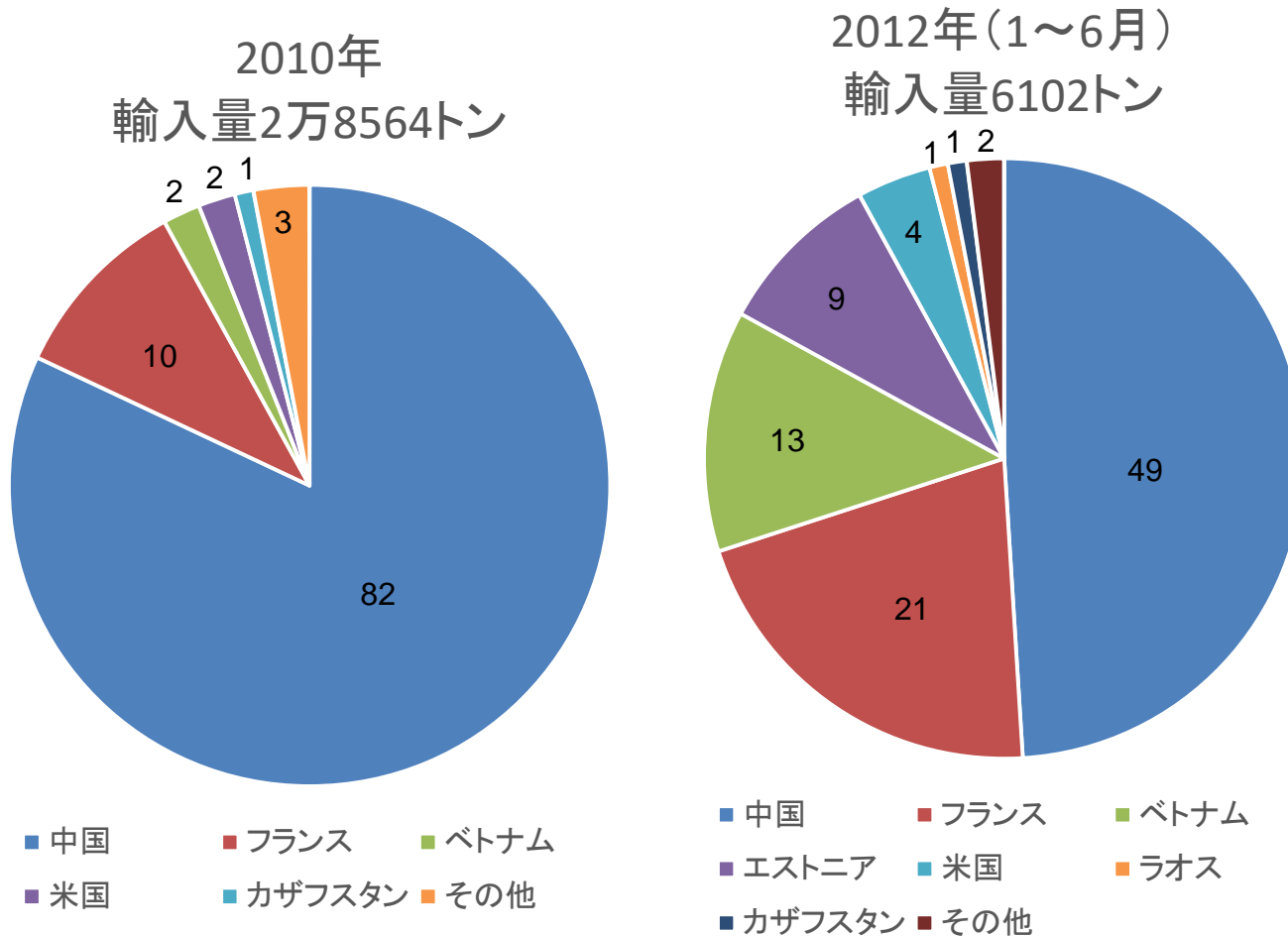
ハイブリッド車



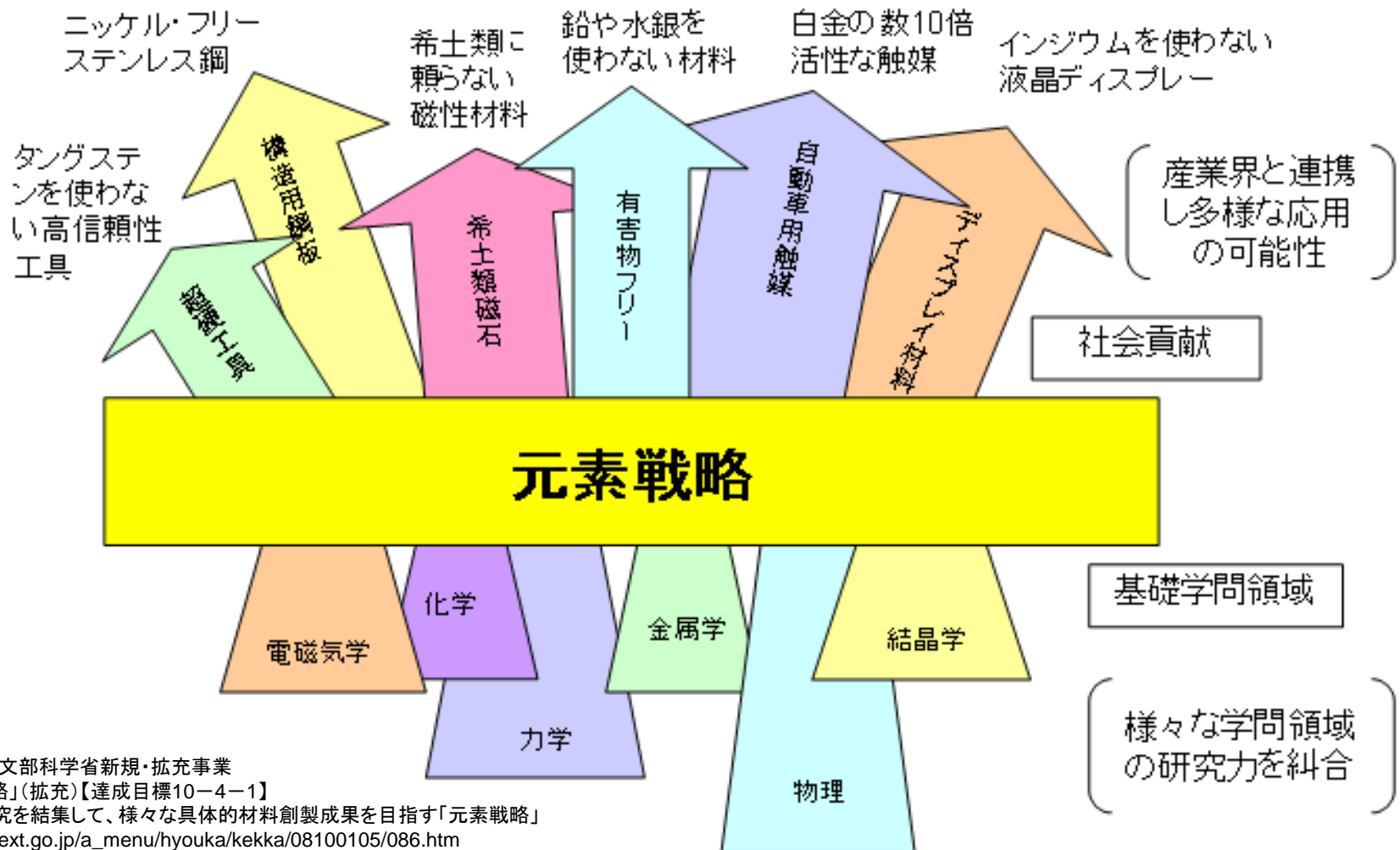
カーセンサー-net 「自動車なんでも用語集」 2008年4月8日掲載

	燃料電池車 FCV	電気自動車 EV	ハイブリッド車 HV
動力	モーターと燃料電池	モーターと蓄電池	モーターとガソリンエンジン
必要燃料	水素	電気	電気とガソリン
補給	水素ステーション	家庭の電源	ガソリンスタンド
走行距離	やや長め	短め	長め
環境性能	非常に良い	非常に良い	良い
重量	重い	重い	やや軽い
課題	コスト 水素ステーション	走行距離 充電時間 バッテリー劣化	バッテリー劣化

モーター用磁石に必要なレアアース金属の輸入先



特定な元素に頼らないマテリアル (元素戦略)



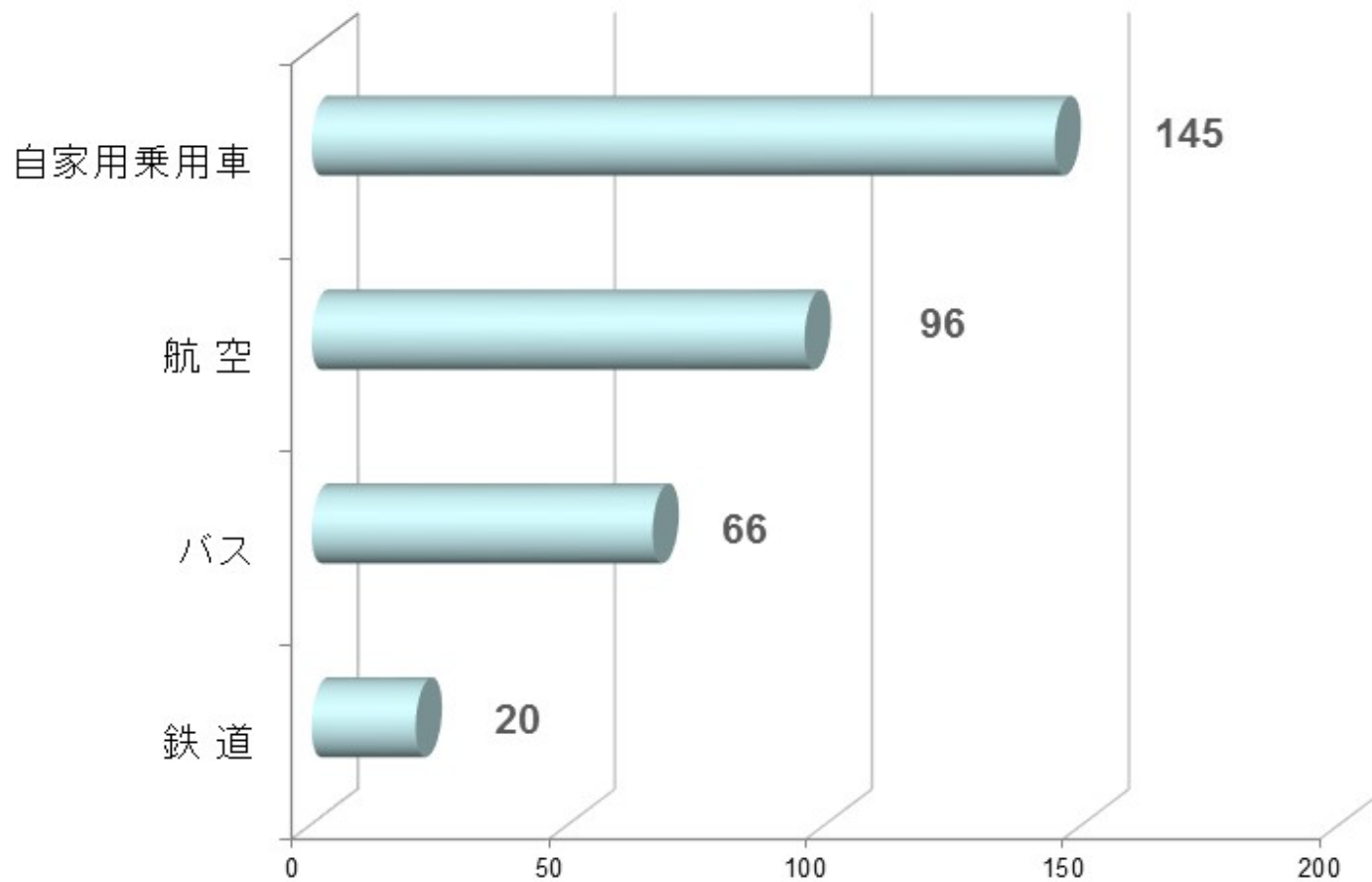
平成21年度 文部科学省新規・拡充事業
82. 「元素戦略」(拡充)【達成目標10-4-1】

図2 基礎研究を結集して、様々な具体的材料創製成果を目指す「元素戦略」

http://www.mext.go.jp/a_menu/hyouka/kekka/08100105/086.htm

(最終閲覧日: 2017年6月28日)

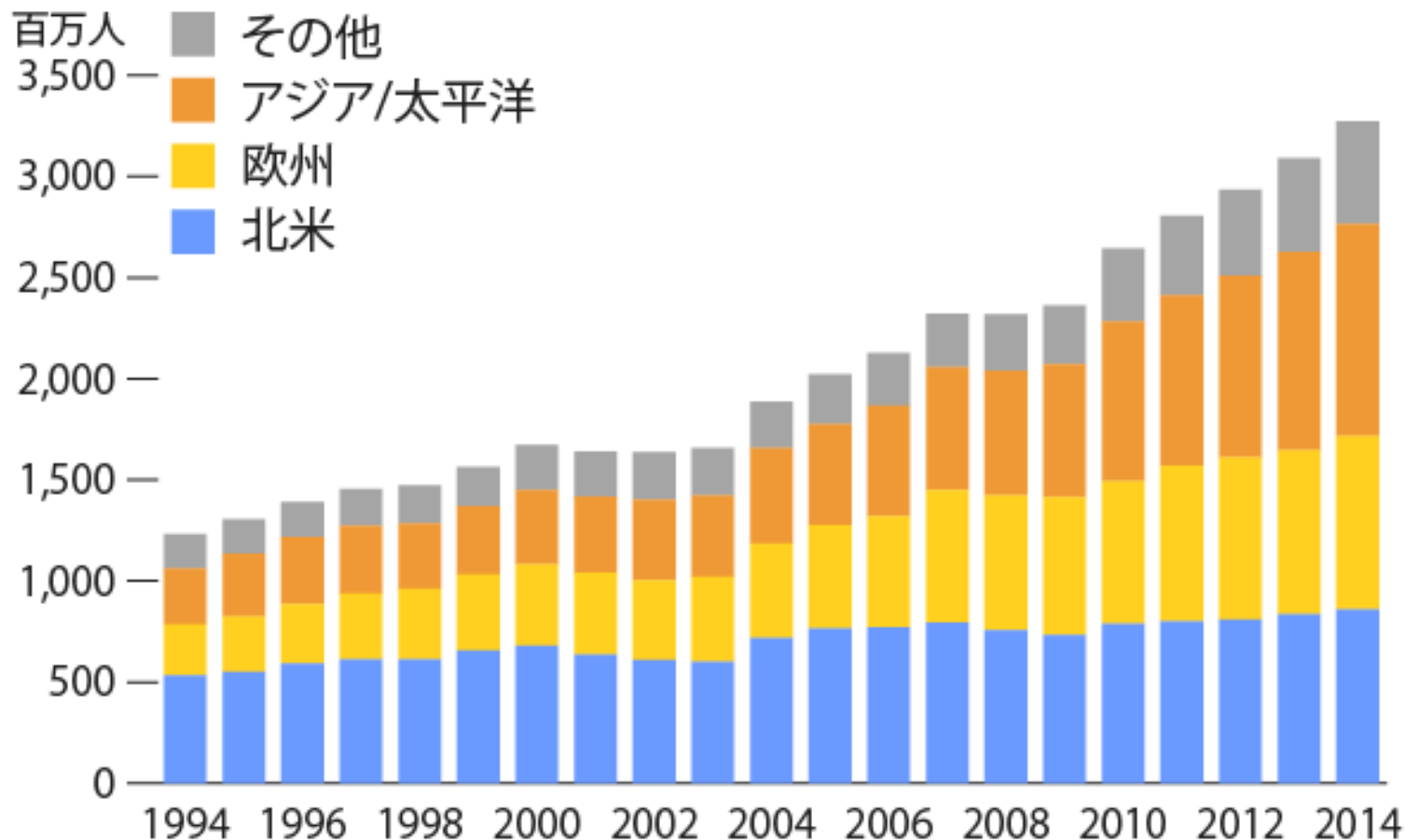
自動車に次いでCO₂排出の多い飛行機



国土交通省 運輸部門における二酸化炭素排出量
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html
輸送量あたりの二酸化炭素の排出量
(最終閲覧日:2017年6月16日)

g-CO₂/km人

世界の航空旅客輸送の推移



(出所) (財)日本航空機開発協会 (JADC)

2015年11月14日 航空業界、迫られる環境対応

中川希望

<https://jp.ub-speeda.com/analysis/archive/20/>

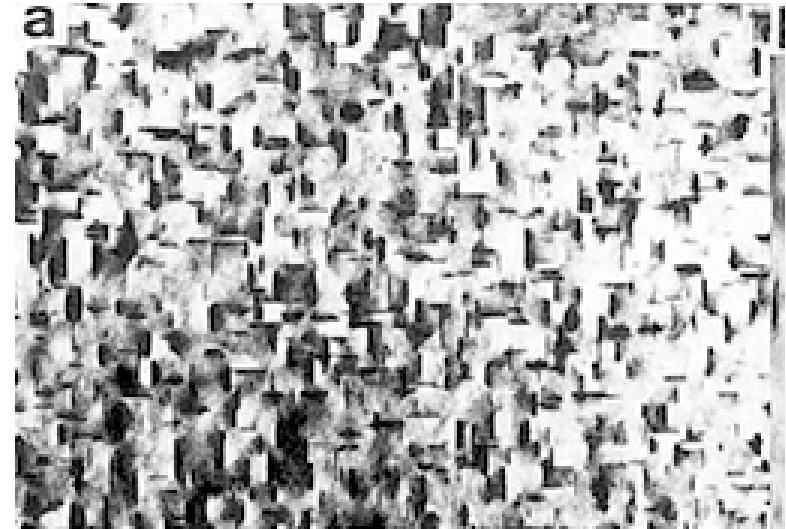
(最終閲覧日: 2017年6月16日)

飛行機の課題

- 東京-札幌 900kmの場合
 - B777-300型、満席470名で燃料 満タン10,450ℓ
 - 約1/2が機体、約1/3が燃料、約1/6が旅客+荷物
- 旅客機の場合、機体軽量化が最優先
 - ランニングコスト(燃料代)＋環境負荷低減
 - Al合金: 2024 超ジュラルミン、7075 超々ジュラルミン
 - しかし重要部材はTi合金や鉄鋼、Ni基超合金
- 一方、戦闘機は
 - 性能優先→高強度＋軽量、コスト意識低い
 - Ti合金の選択

強いアルミ合金 – ジュラルミン

- AlにCuを添加。Al-Cuのナノ化合物が熱処理(時効)によって均一析出し、転位の移動を妨害
- 更に高強度の超ジュラルミン(A2XXX, Al-Cu-Mg), 超々ジュラルミン(A7XXX, Al-Zn-Mg-Cu)へ発展
- ただし強度とともに、延性は低下



公益社団法人日本鑄造工学会関東支部
「アルミニウム合金の時効熱処理と析出硬化(第8回)」
<http://www.j-imono.com/column/daredemo/64.html>
図26 Al-4%Cu合金の析出相の電顕組織。(a)GP(1)ゾーン(150°C, 30min)
(最終閲覧日:2017年8月29日)

航空機 の 材料

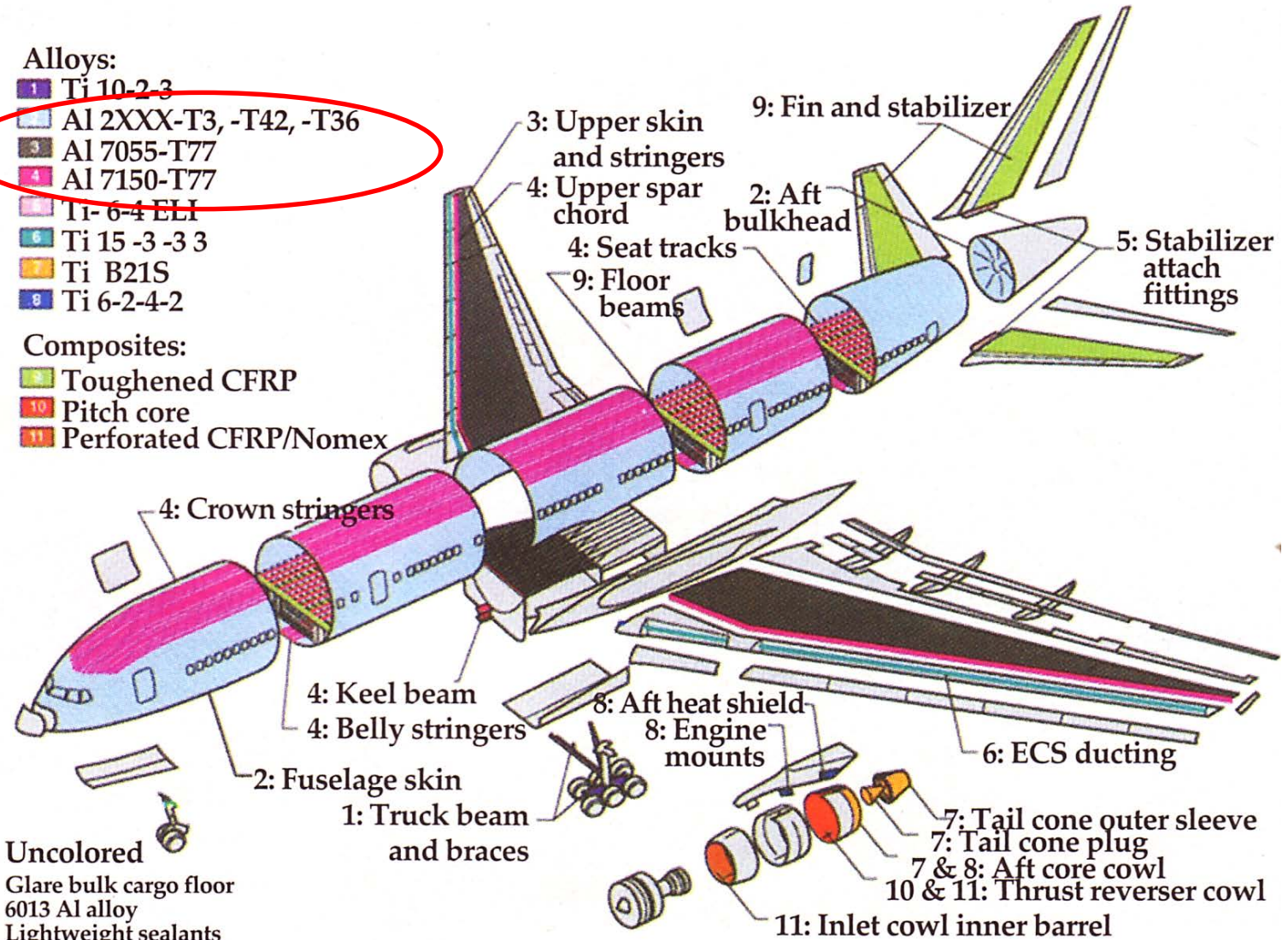
Durability improved
Weight saved

Alloys:

- 1 Ti 10-2-3
- 2 Al 2XXX-T3, -T42, -T36
- 3 Al 7055-T77
- 4 Al 7150-T77
- 5 Ti-6-4 ELI
- 6 Ti 15-3-3-3
- 7 Ti B21S
- 8 Ti 6-2-4-2

Composites:

- 9 Toughened CFRP
- 10 Pitch core
- 11 Perforated CFRP/Nomex

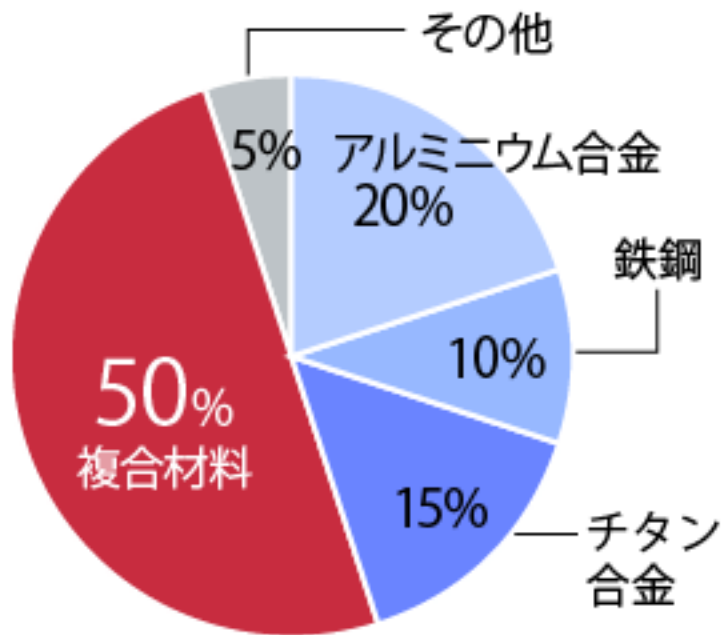


Uncolored

- Glare bulk cargo floor
- 6013 Al alloy
- Lightweight sealants
- Al mesh
- AV-30 corrosion inhibiting compound
- Dense core potting
- CFRP comp. cascade
- Al-Li 8090 sound damping angles
- RTM CFRP chine

Image from: Brian Smith (2003) The Boeing 777, *Advanced Materials & Processes* 161(9) :41-44, p.42. Reprinted with permission of ASM International. www.asminternational.org

更なる航空機の軽量化（ボーイング787）



B787 構造材料比

2015年11月14日 航空業界、迫られる環境対応
中川希望
<https://jp.ub-speeda.com/analysis/archive/20/>
(最終閲覧日:2017年6月28日)

著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像を削除しました

ボーイング787の写真
ANA

<https://www.ana.co.jp/promotion/b787/special/>

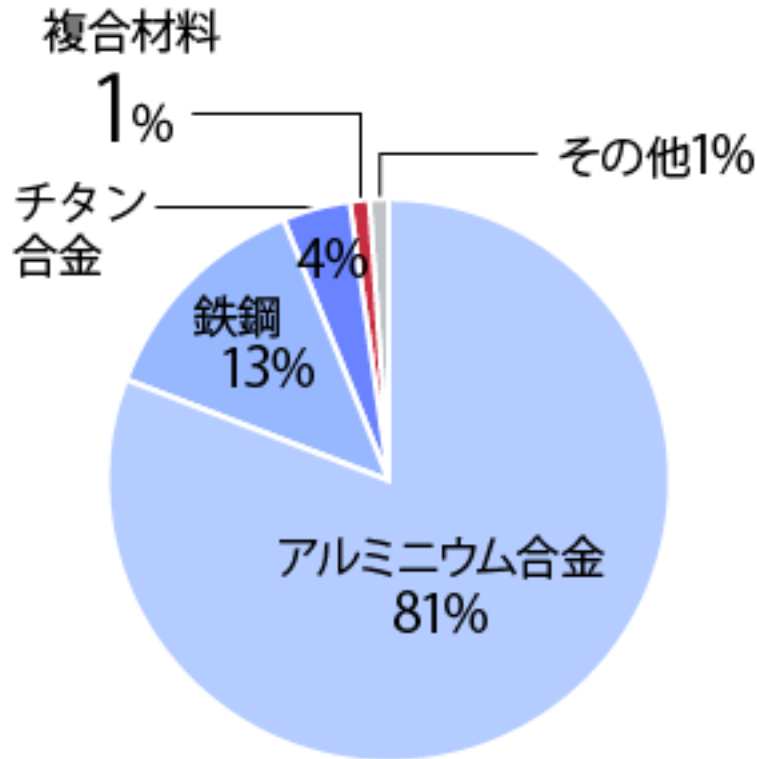
省エネ・低CO₂には軽量化が重要

しかし

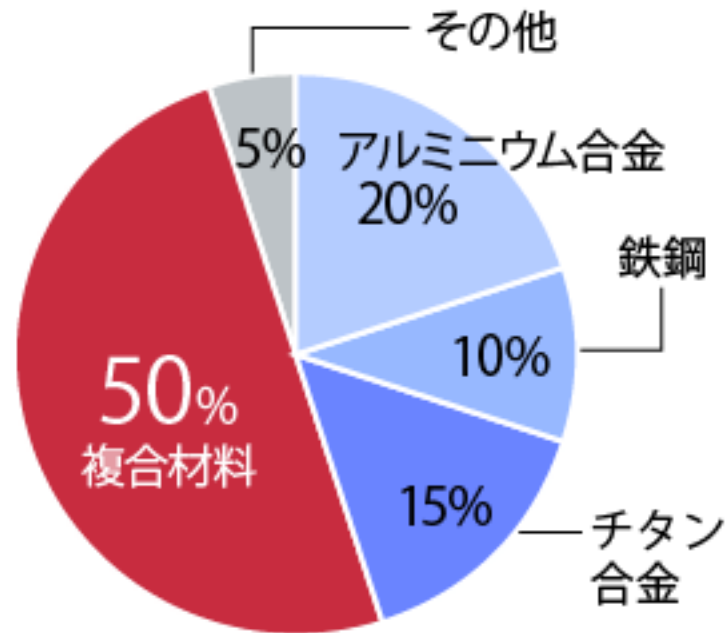
安全・安心は軽量化だけではダメ

様々なマテリアルの組合せで両立

軽量化に向けた材料構成の変化 (ボーイングの例)



B747 構造材料比



B787 構造材料比

(出所) 中部航空宇宙産業技術センター (C-ASTEC) などの資料を基に筆者作成

2015年11月14日 航空業界、迫られる環境対応

中川希望

<https://jp.ub-speeda.com/analysis/archive/20/>

(最終閲覧日: 2017年6月28日)

航空機における性能や安全のための 軽量化できない材料 (Ti合金, Ni合金, 鉄鋼)

マルエージング鋼



Photo by Olivier, from Flickr

<https://www.flickr.com/photos/oliviercabaret/5636894991/in/photolist-9A7yuF-imACd-m7ZHFR-8j5oe-8P3TF-86sio-8AF3q4-FCXXWs-91FGs9-8gt8KH-imACc-m5NJEs-91CyWk-91FH7W-91FGXY-PmE97-T5GYC-8zHnVP-91Cyg8-8rErS1-QDJYv-89snL9-iagLy-8ZtRh-91FHaj-91CA3V-8Xmth2-91FFhJ-91CzTa-91FGdG-91FH51-aiXy7W-86sis-91FGJA-91Czxc-91CydM-91CzNt-91CzFt-91FGTG-8zLvcj-8vjzZy-91CAqR-91Cxee-91CzDk-91FGQC-951DEk-8q9xjZ-8HufST-a3BLn-91FHHzq>

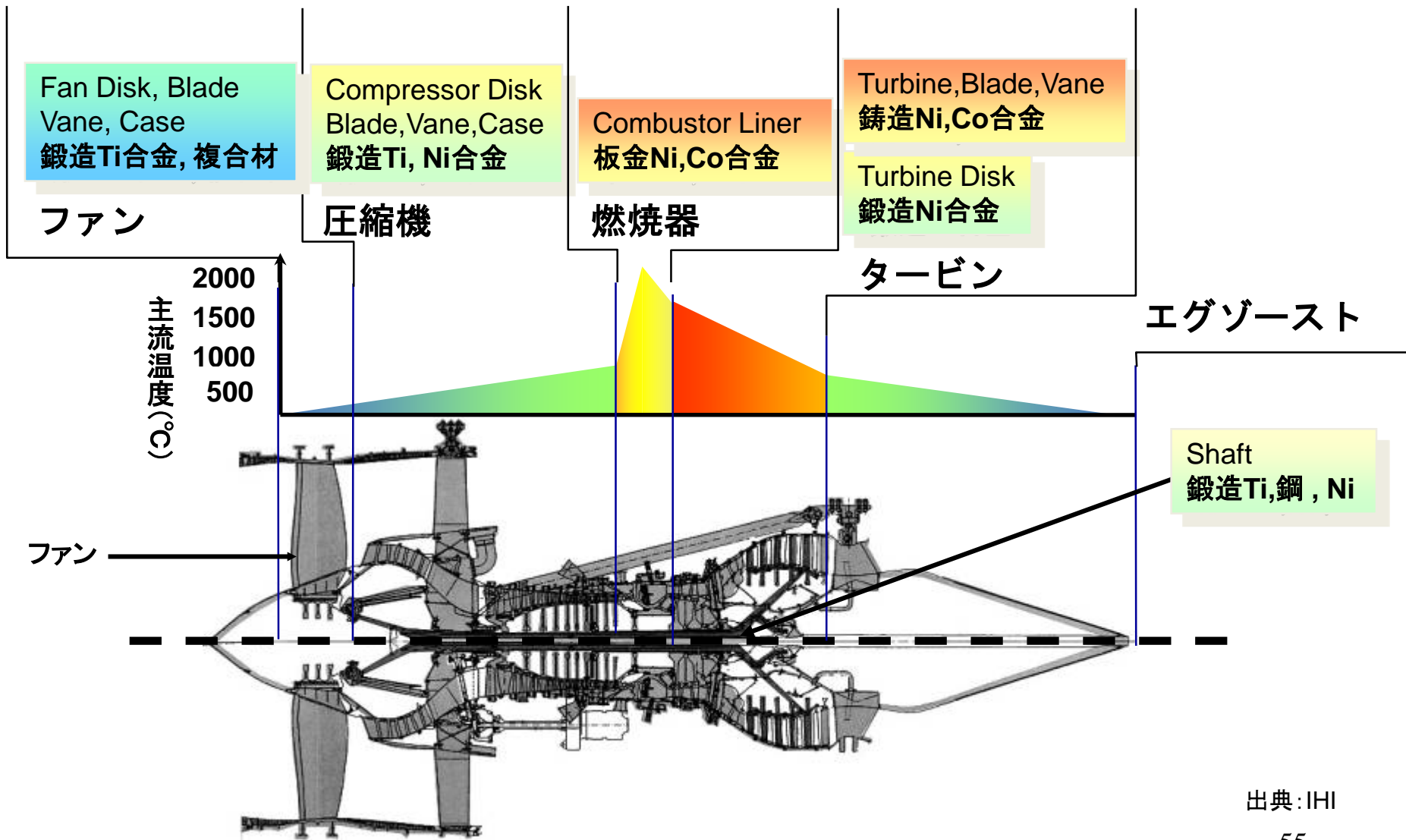
CC BY-NC-ND 2.0
(最終閲覧日: 2017年6月28日)

著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像を削除しま
した

ボーイングエンジン仕組み図

<https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/814250/000095012310110284/l41250exv99w1.htm>

航空エンジンの主流温度と代表的材料



出典: IHI

高性能と環境のための鉄道車両の材料選択



N700S

Photo by sodai gomi, from flickr
<https://www.flickr.com/photos/sodaigomi/21161849181/in/photolist-nBFrNS-75JTMW-6GsdVF-yf11uD>
CC BY 2.0



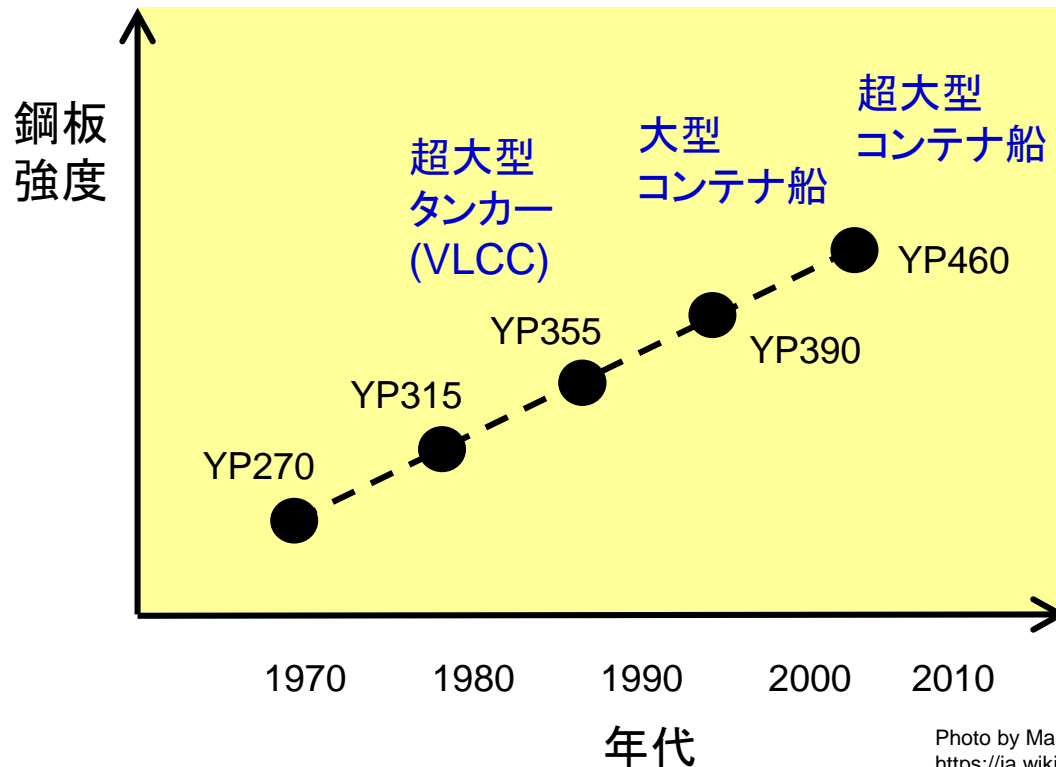
北陸新幹線

Photo by i Hokuriku, from Wikipedia
https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%8C%97%E9%99%B8%E6%96%B0%E5%B9%B9%E7%B7%9A#/media/File:E7_F12_Shin-Takaoka_20150314.jpg
CC BY 2.1 JP

- ◆ 軽量化のためにアルミ合金の適用。
- ◆ 軽量化による省エネ・加速性能
- ◆ 軽量化による快適性(制震・防音)
- ◆ 線路にも優しい
- ◆ 将来はマグネシウム合金の適用も視野(強度、難燃性が課題)

高性能と環境のための船体用材料の選択

造船鋼材高強度化による船の大型化 経済性と環境性能の両立



著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像を削除しまし
た

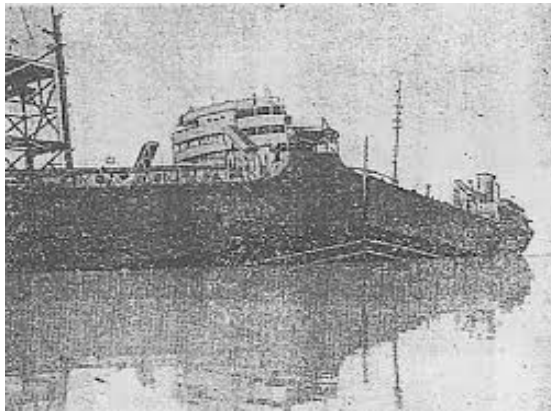
大型タンカーの写真
全長300-400m
ドラム缶150万本(日本の石油半日分)



全長400m
コンテナ1万8000個 (TEU)
(日本の外貿コンテナ貨物半日分)

Photo by Maersk Line ,from Wikipedia Commons
[https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%9E%E3%83%BC%E3%82%B9%E3%82%AF%E3%83%BB%E3%83%88%E3%83%AA%E3%83%97%E3%83%AB%E7%B4%9A#/media/File:Computer_generated_image_of_the_M%C3%A6rsk_Triple_E_Class_\(cropped\).jpg](https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%9E%E3%83%BC%E3%82%B9%E3%82%AF%E3%83%BB%E3%83%88%E3%83%AA%E3%83%97%E3%83%AB%E7%B4%9A#/media/File:Computer_generated_image_of_the_M%C3%A6rsk_Triple_E_Class_(cropped).jpg) 57

船舶の軽量化と同時に安全性の確保



リバティ船 1942-46

著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像を削除しました

石油連盟の油濁対策

<http://www.pcs.gr.jp/index.html>

2002年(平14)11月16日 プレスティージ号沈没

<http://www.pcs.gr.jp/doc/incident/incidents.html>

(最終閲覧日;2017年6月28日)

2002



初期の多くの事故例

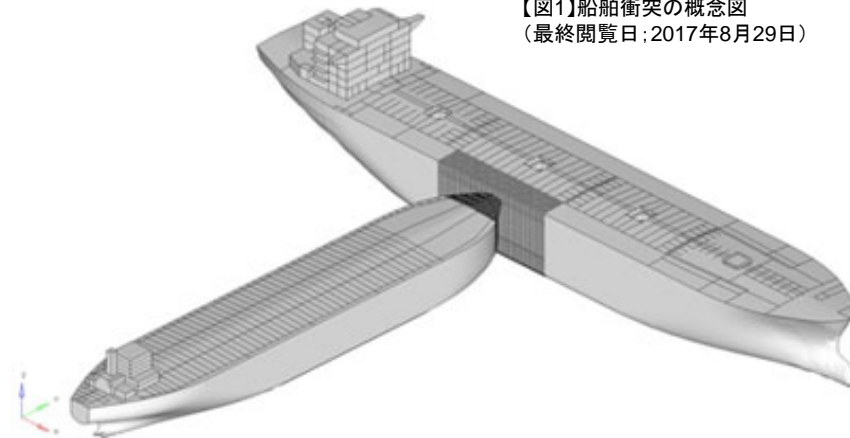
鉄鋼材料の性能向上
溶接技術、溶接部性能の向上
破壊力学の進展・実用化



耐破断性能に優れた鉄鋼材料
耐破断性能に優れた船体設計

JFEスチール株式会社
「衝突時の安全性を高める船舶用高強度厚鋼板をLPG船に世界初適用」
<http://www.jfe-steel.co.jp/release/2016/03/160314.html>

【図1】船舶衝突の概念図
(最終閲覧日;2017年8月29日)



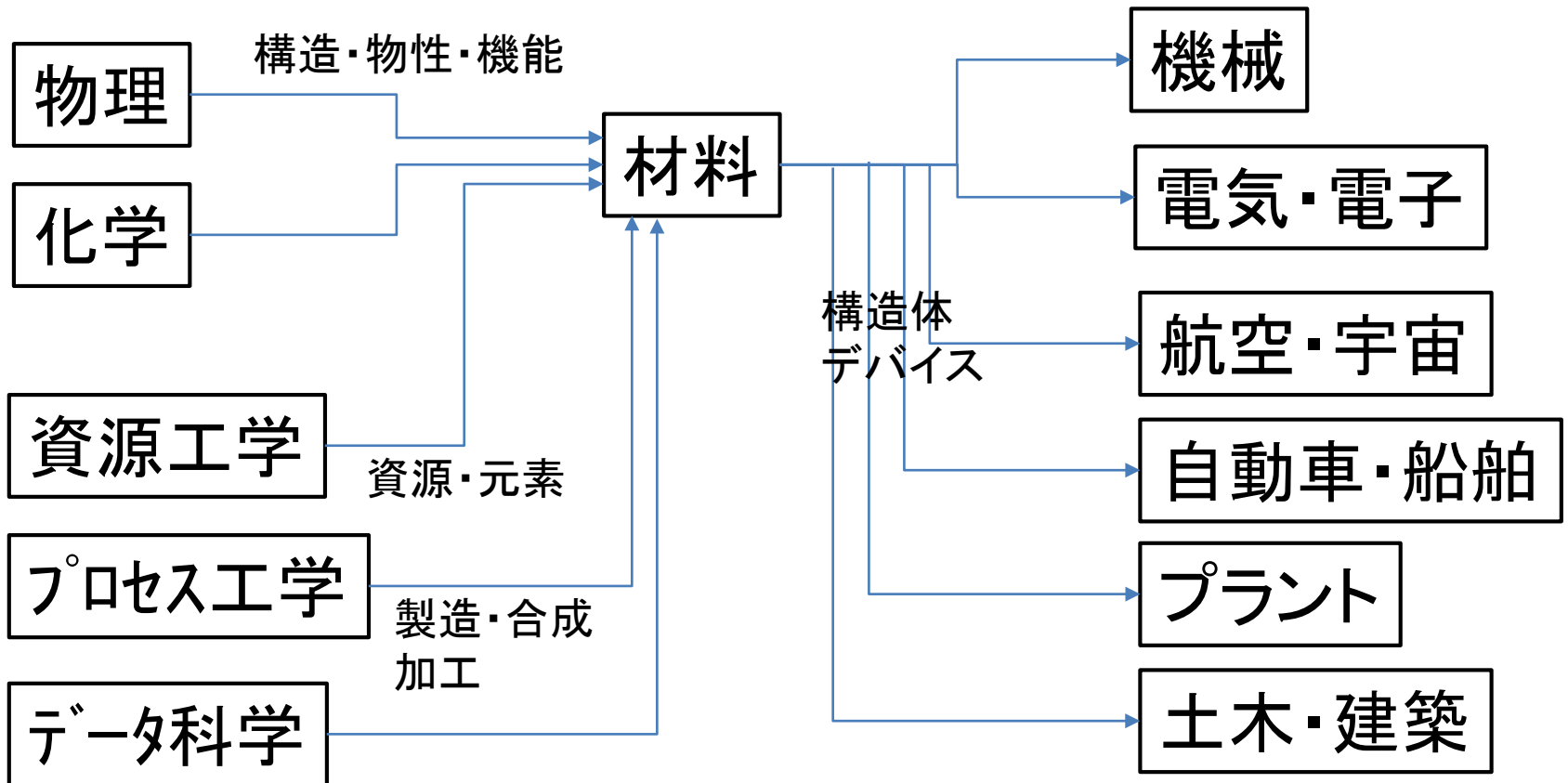
船舶の衝突安全
衝突安全性の高い鋼材開発

まとめ

移動体の性能、環境性能、安全の両立

- 性能と環境性能の両立に軽量化が不可欠。駆動系が変わっても軽量化は有効。そのために材料の高強度化や軽量材料の開発が重要
- 安全との両立には、材料の強度に加え、変形性能や耐破壊性能も重要
- 構造体のライフサイクルの環境負荷の低減には、構造体運転時に加え、材料の製造、加工、リサイクルに必要なエネルギーも低減する必要
- そのために原子・ナノレベルからの解明と制御による材料の実現、工学の様々な分野と連携した構造体の実現が重要

材料を視点とした工学

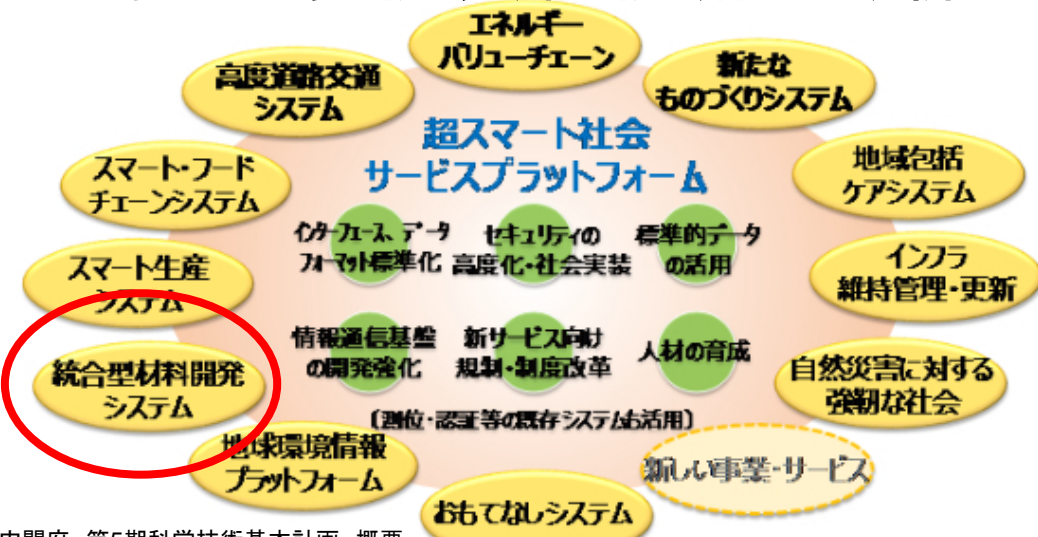


統合型材料開発システム (内閣府SIP Proj.)

- 新材料の開発は産業競争力、超スマート社会の基盤
- 構造材料には複数の特性の両立、長期の性能・信頼性が必要
- 新材料の開発には、長期試験・評価を経て10年必要



- 蓄積された実験データ、理論、経験をデータベース化し、データ科学、情報科学を活用。計算科学と融合・同化することにより、少ない実験数、試験期間で、新しい材料を開発。



- 第5期科学技術基本計画 (Society5.0)
- 米国のマテリアル・ゲノム・イニシアチブ (MGI)、EUのFP7-ICMEと競合
- 材料データベースの標準化で世界の先導を目指す