

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。



2017S 学術俯瞰講義「工学とは」

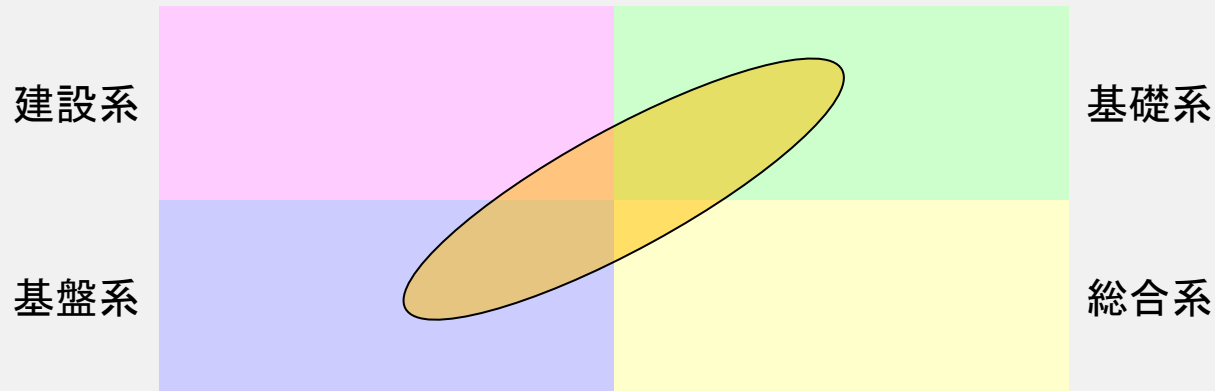
持続可能社会と工学

「エネルギー、インフラと材料工学」

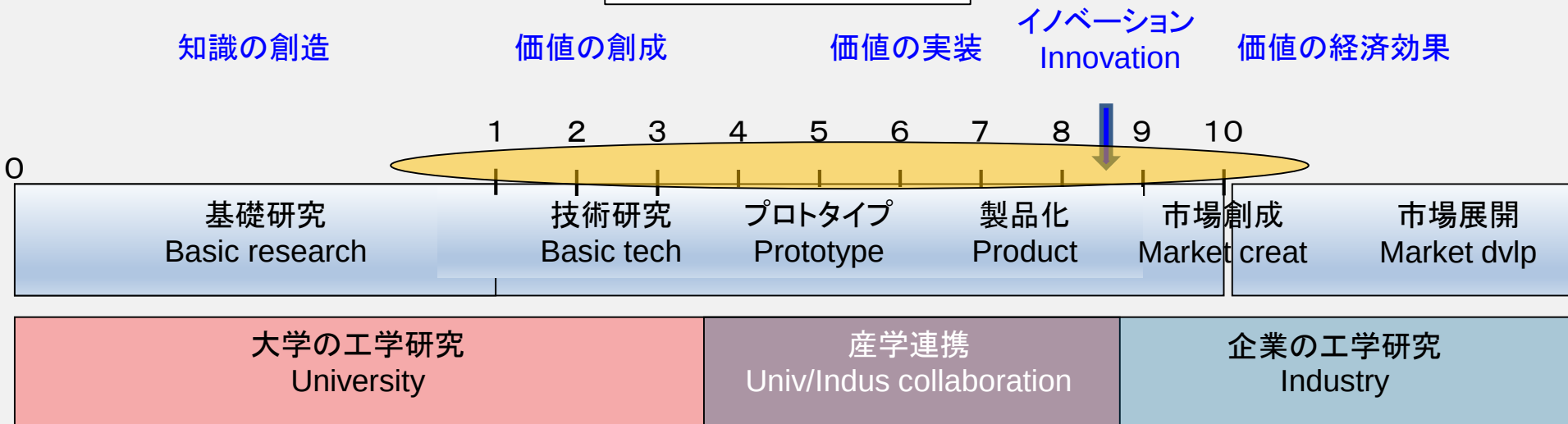
平成29年6月19日
工学部マテリアル工学科
教授 小関 敏彦

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



先週のお話し

- 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・基盤研究)とその応用(総合化)
- 温暖化の進行。 CO_2 排出の2割以上を占め急速に増加する移動体の CO_2 低減には軽量化が必須
- そのために材料の高強度化や軽量材料の開発が重要。
- 加えて、安全との両立に変形性能も重要。構造体のライフサイクルの環境負荷低減には、材料の製造や加工、リサイクルのエネルギーも低減も必要。

2030まで実現を目指す持続可能な開発目標(SDGs)

SUSTAINABLE
DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標

http://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/sdgs_logo/
日本語ガイドライン
[http://www.unic.or.jp/files/UN-Guidelines-for-Use-of-SDG-logo\(JP\)-and-17-icons.march-2017.pdf](http://www.unic.or.jp/files/UN-Guidelines-for-Use-of-SDG-logo(JP)-and-17-icons.march-2017.pdf)



前回

エネルギーの危機・あの日から続く議論

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

東日本大震災福島第一原発事
故上空からの写真

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

東日本大震災の原油供給不足に
より、レギュラー1ℓ153円に高騰
したガソリン

原油の供給不安

原子力への不信・脱原発の動き



火力の環境負荷

Photo from Wikipedia Commons



高価・少量・不安定

Photo from Wikipedia Commons

続く災害、予想される大地震

熊本地震(昨年4月)



熊本素材写真アーカイブス「キロクマ！」

<https://kumamoto.photo/>

大畑畑溜池付近

<https://kumamoto.photo/archives/picture.php?/2739/category/263>

熊本地震の記録(益城町)

<https://kumamoto.photo/archives/picture.php?/2735/category/263>

台風被害(昨年夏、岩手)

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

台風の被害により冠水した地
域を上空から撮影した写真

産経デジタル 2016年8月31日

岩手で浸水被害続く 片付けに追われる
住民も

<http://www.sankei.com/photo/story/news/160831/sty1608310006-n1.html>

(最終閲覧日: 2017年7月7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

台風の被害により崩れた道路
の写真

2016年9月1日朝日新聞

台風10号、犠牲者2人の身元発表 岩手
県災害対策本部

<http://www.asahi.com/articles/ASJ915HSDJ91UTIL034.html>

(最終閲覧日: 2017年7月7日)

高層住宅火災(先週、ロンドン)

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

ロンドンの高層マンションからの出火
写真

ロイター日本語ニュース

2017年6月15日

ロンドンの高層マンション火災、犠牲者12人に 消火
活動続く

<http://jp.reuters.com/article/london-fire-victimes-idJPKBN196068>

(最終閲覧日: 2017年7月7日)

大規模停電(昨年10月、埼玉)

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

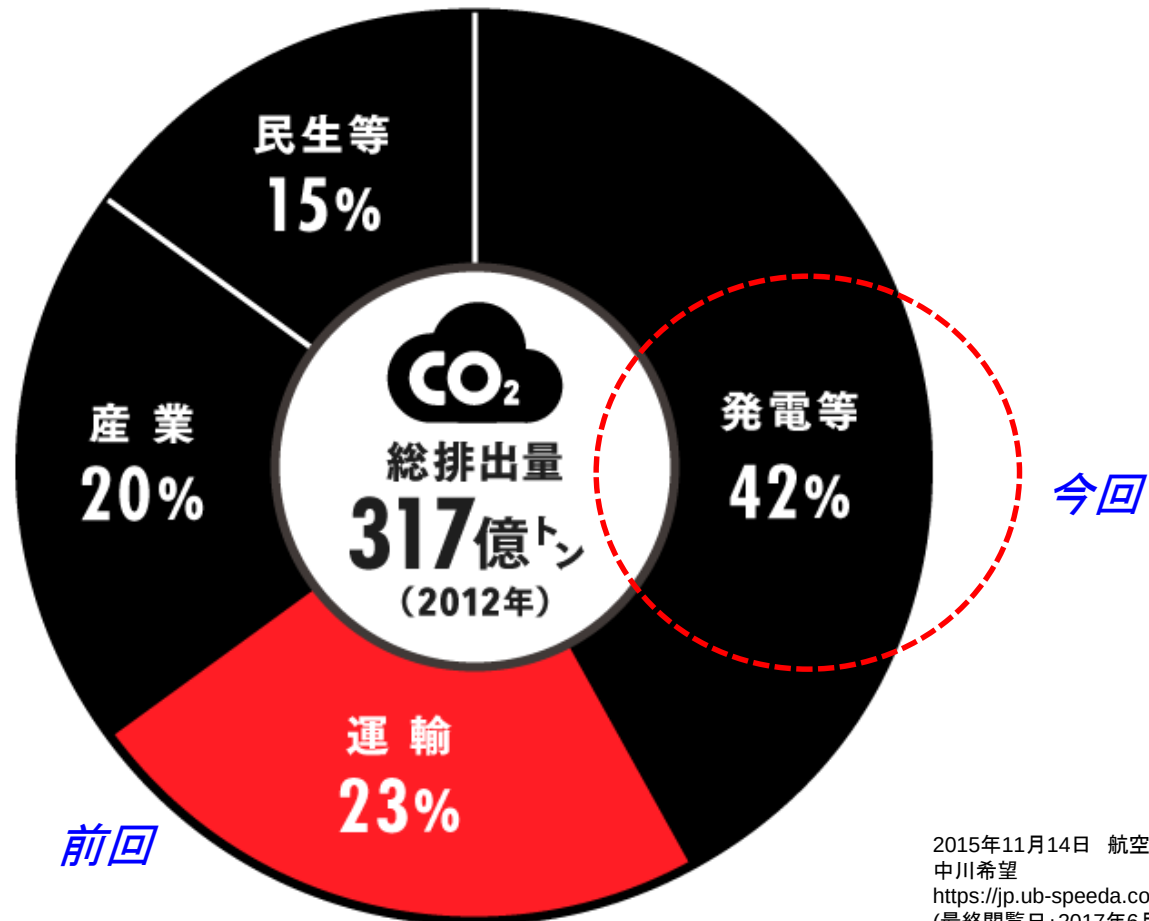
2016年10月12日東京都内での大規模停電
埼玉県新座市の地中送電ケーブルからの
出火写真

今日のお話

- 環境問題に取り組む上で、**エネルギー**の議論は最も重要。同時にエネルギーは、我々の生活の重要な基盤。
- もう一つの重要な基盤は**インフラ**の信頼性。
- 我々が安心して安全に生活する、持続的に快適に生活するために不可欠な**エネルギー**と**インフラ**の信頼性。そのために工学は何か出来るのか。

世界のエネルギーは何に使われているか

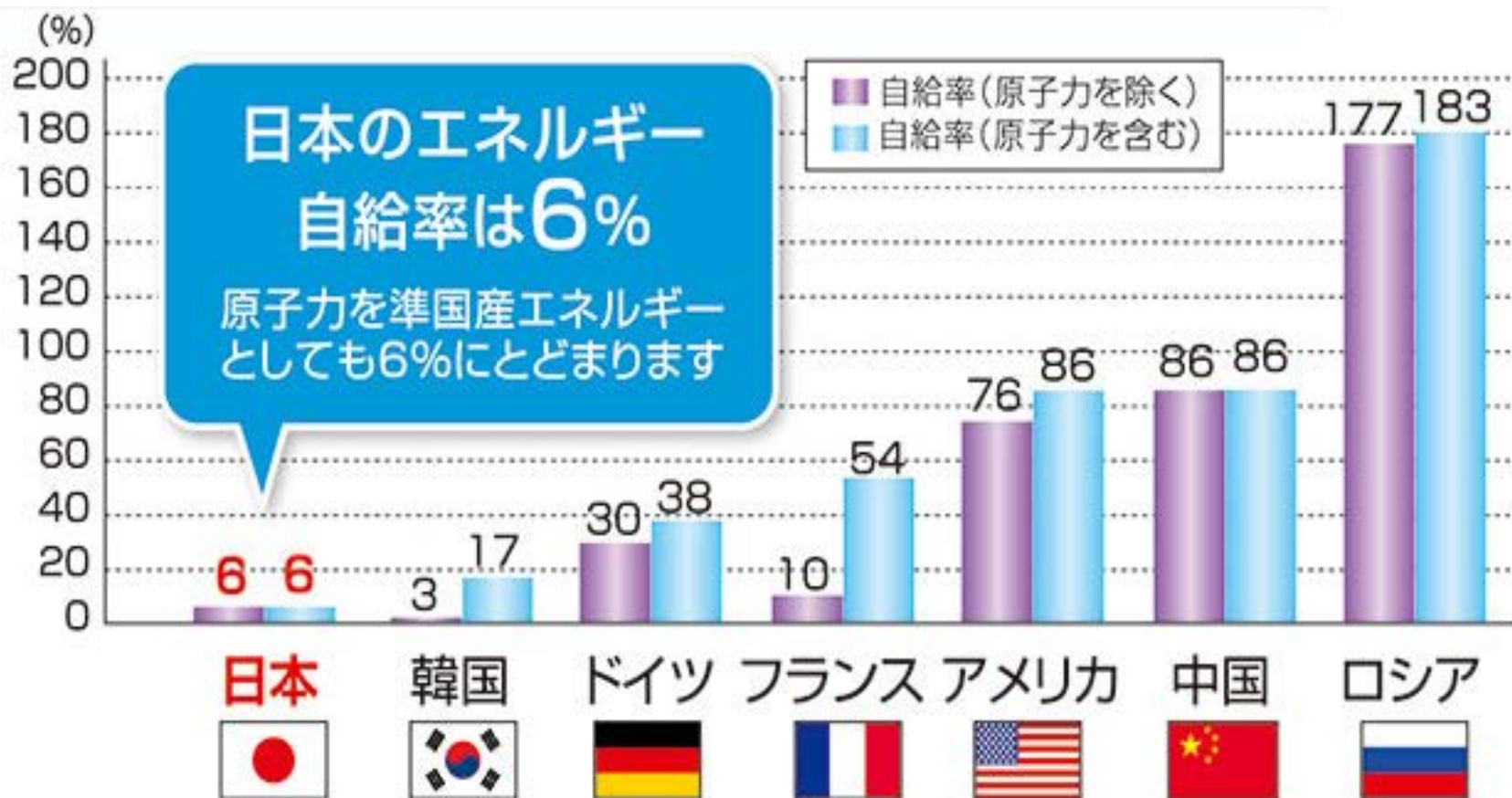
■ 世界のセクター別CO₂排出量



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)

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

エネルギーの自給率(一次エネルギー, 2013)



出典:日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集2016」より作成

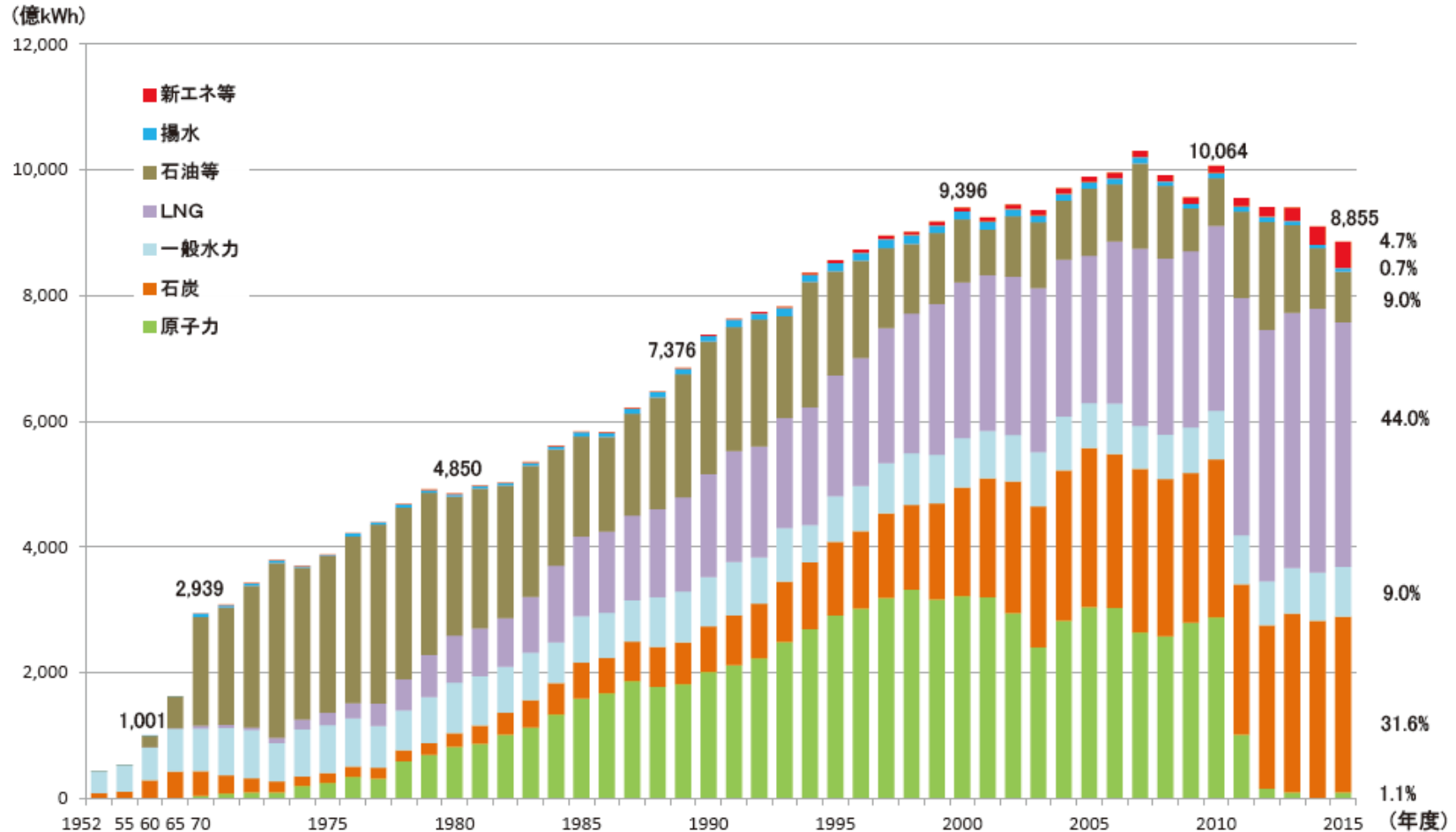
四国電力 キッズミュージアム

エネルギー自給率

<http://www.yonden.co.jp/life/kids/museum/energy/japan/002.html>

(最終閲覧日: 2017年6月28日)

わが国の発電量の推移



(注)1971年度までは沖縄電力を除く。

出典：資源エネルギー庁「電源開発の概要」、「電力供給計画の概要」を基に作成

「平成28年度エネルギーに関する年次報告」(エネルギー白書2017)

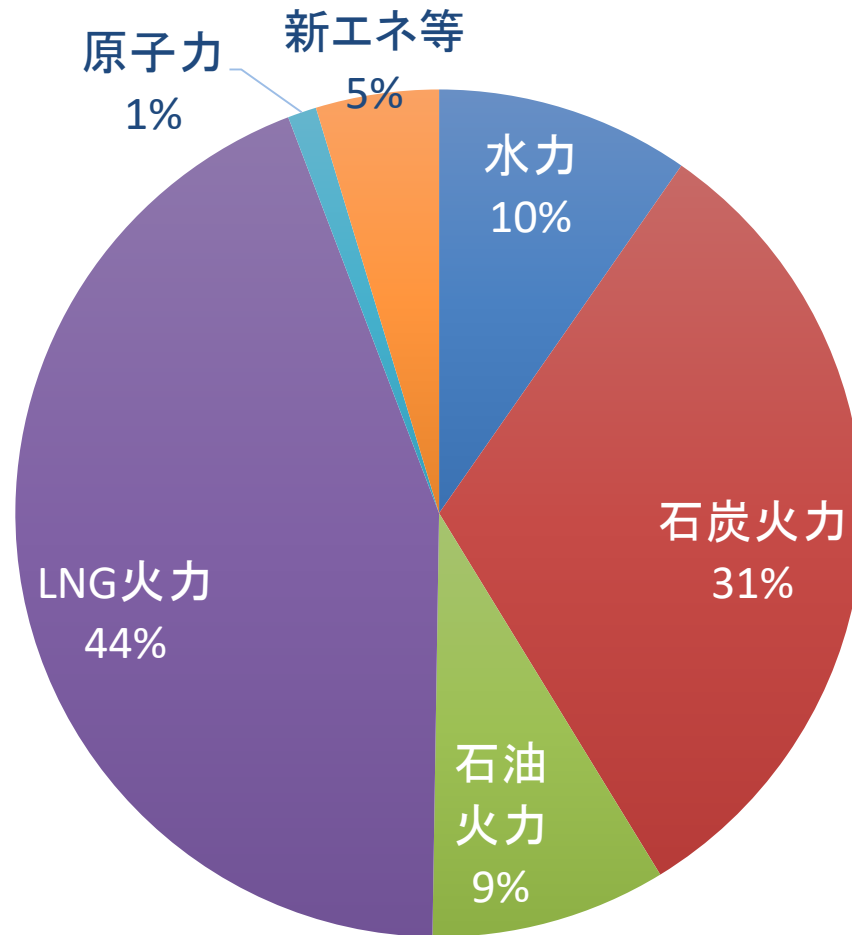
<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2017pdf/>

第2部 エネルギー動向 第1章 国内エネルギー動向

http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2017pdf/whitepaper2017pdf_2_1.pdf

p187【第214-1-8】発電電力量の推移(一般電気事業用)

我が国の発電の割合(2015)

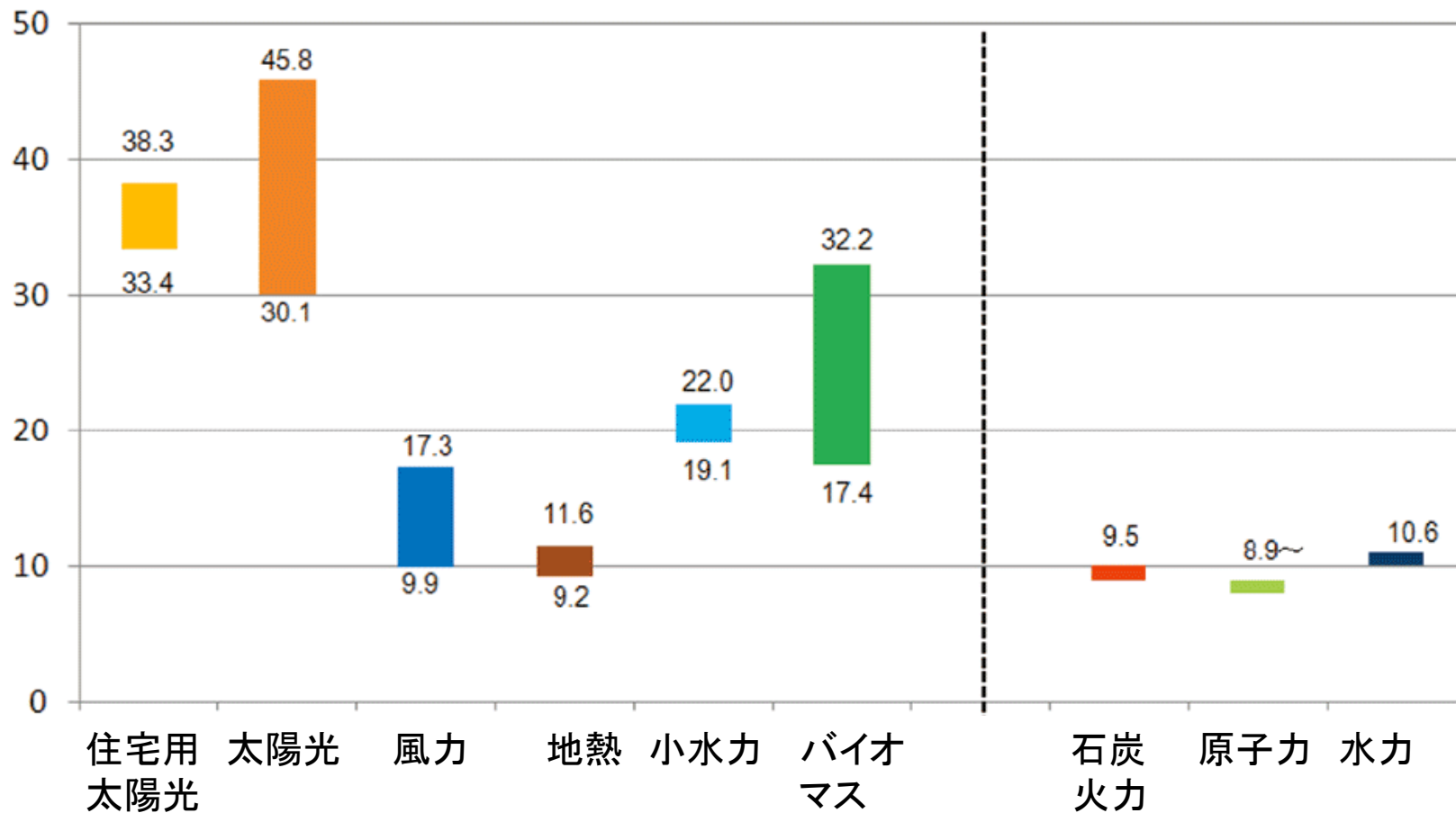


火力 84%
(一次エネルギー輸入)
原子力 1%
再生可能エネルギー
(水力除く) 5%

* 東日本大震災前
火力 61%
原子力 25%
再生可能 1%

発電コスト

円/kWh



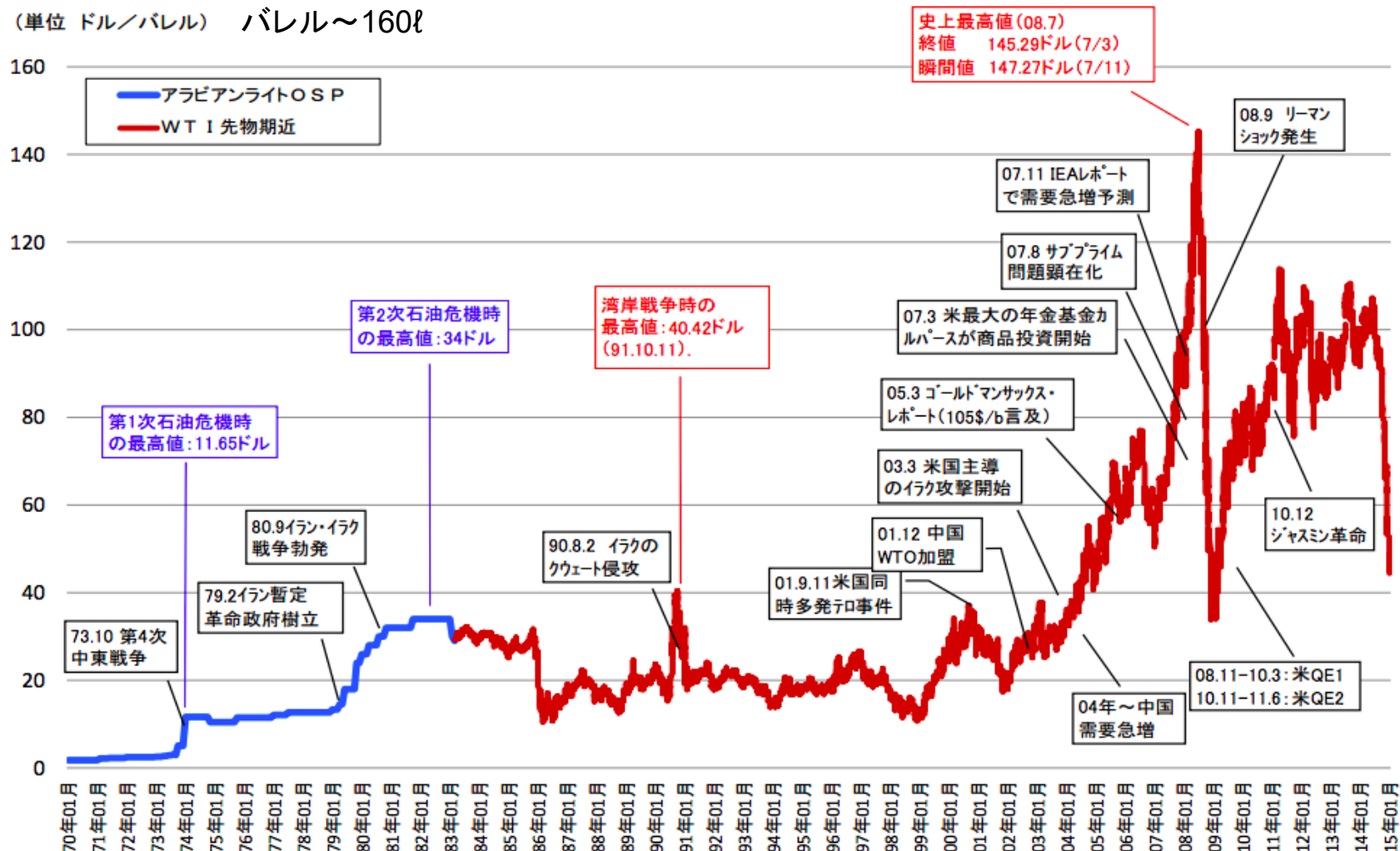
経済産業省資源エネルギー庁
総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 平成25年6月27日配布資料
「再生可能エネルギーの拡大」
http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/past/004/pdf/004_001.pdf
p8 コスト等検証委員会による主要電源のコスト試算

1kWhあたり
0.5-1.0kgCO₂
排出

エネルギーについて考えること

- 環境負荷は改善しなければならない
 - 火力発電85%。日本のCO2の4割排出
 - 再生可能エネルギーは拡大しているが依然少ない
- 我々の生活に必要なエネルギーは大丈夫か
 - 自給率6%。高コスト、不安定
 - 石油の85%は中東から。備蓄は180日
 - 石炭はほぼ100%輸入
- これからの方向性
 - 環境負荷の少ない、安定したエネルギーを増やす
 - エネルギーの消費を抑える
 - エネルギーを効率よく使う

これまでの石油の価格変動



【出典】WTI先物期近: CME Group HP、アラビアンライトOSP: サウジアラムコ発表

経済産業省 資源エネルギー庁 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会・長期エネルギー需給見通し小委員会(第1回会合)合同会合 資料3(平成27年1月)

エネルギー基本計画の要点とエネルギーを巡る情勢について

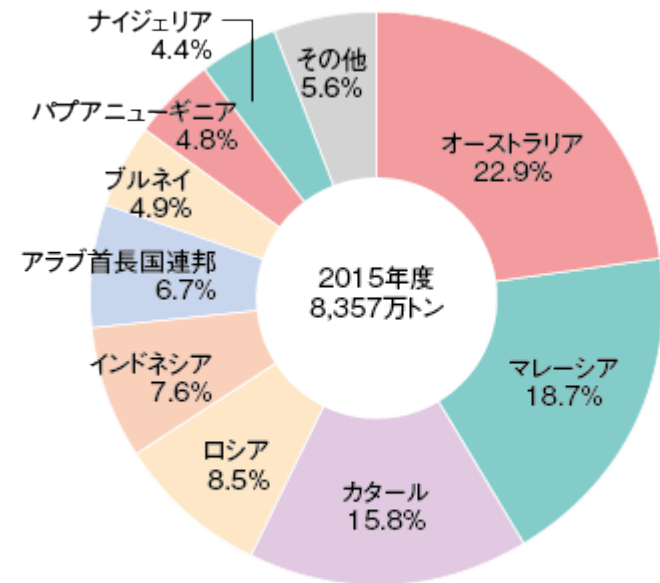
http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/016/pdf/016_008.pdf

p8 過度の化石燃料依存の危険性

安定したエネルギー源を求めて

- 天然ガス
 - 石油、石炭より低環境負荷
(CO₂排出量、約5～7割)
 - 中東への依存低減
- シェールガス
 - 天然ガス
 - 世界各地に分布
- メタンハイドレート
 - 石油、石炭より低環境負荷
 - 日本近海にも分布

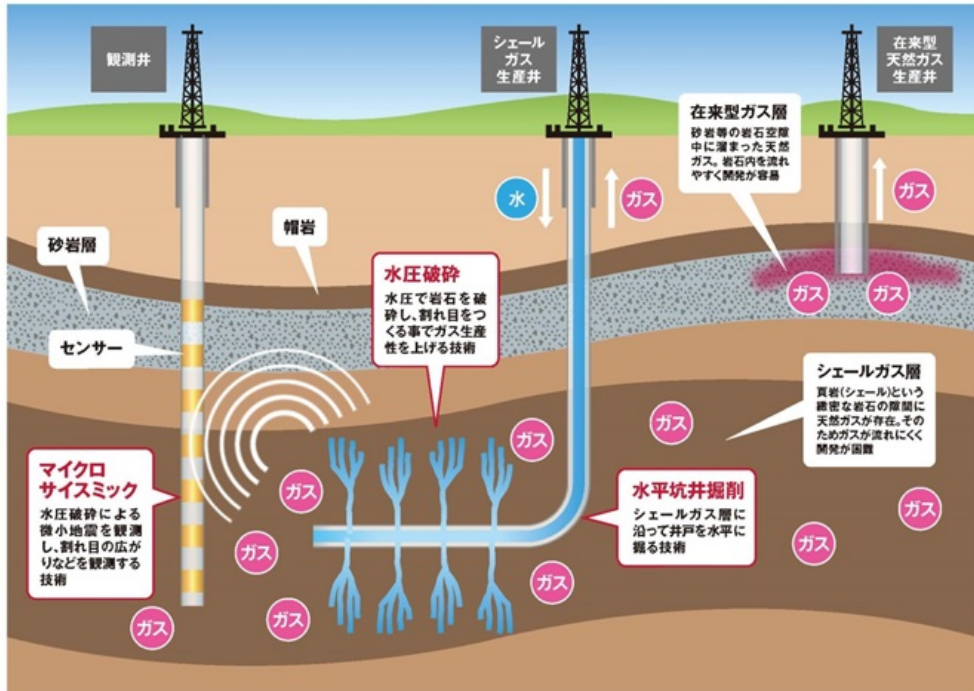
■日本の天然ガス輸入先



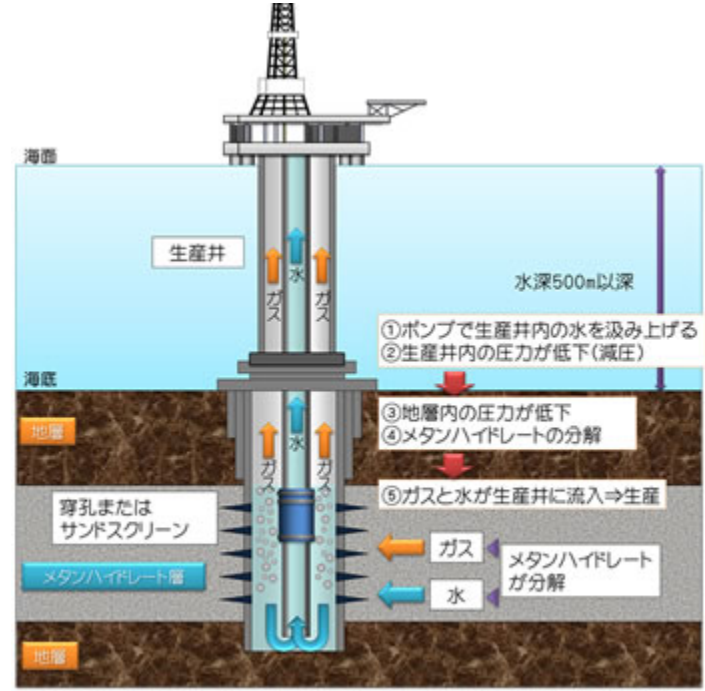
※小数点以下は四捨五入しているため、合計が100にならない場合があります
資料：財務省貿易統計

東京ガス おどろき！なるほど！ガスワールド データ集
<http://www.tokyo-gas.co.jp/kids/data/data1.html>
日本の天然ガス輸入先
<http://www.tokyo-gas.co.jp/kids/popup/pop17.html>

ガスの探索・掘削



独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
資源ライブラリ 石油開発最新事情:シェールガス・シェールオイル開発技術
http://www.jogmec.go.jp/library/recommend_library_10_000102.html
(最終閲覧日:2017年7月5日)



メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム
メタンハイドレートからのガス生産
<http://www.mh21japan.gr.jp/mh/05-2/>
減圧法概念図
(最終閲覧日:2017年7月5日)

石油・ガスの海洋掘削

ジャッキアップ型

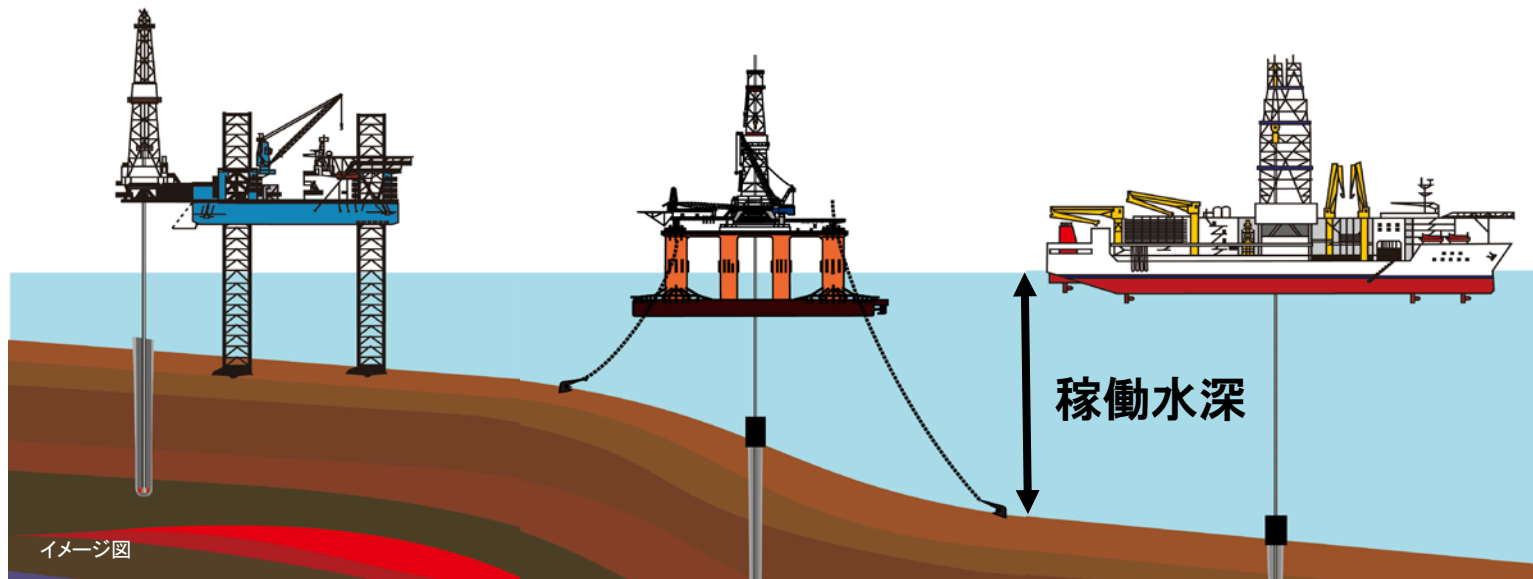
最大稼働水深
150m

セミサブ型

最大稼働水深
3600m

ドリルシップ型

最大稼働水深
3600m



提供: 日本海洋掘削会社



Photo from Wikipedia Commons



<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B5%E3%83%8F%E3%83%AA%E3%83%B32#/media/File:LUN-A.jpg>
CC0



photo by Richard Child, from flickr
<https://www.flickr.com/photos/richardchild/367931994/in/photolist-yvKn5-dRuHpj-9nQAZG-cxgbW3-2yPJdu-o6Qcn3-6nXSM-b7M9NT-fq1Cjh-fpLrtM-pfB3p-fv7Pky-e35s5n-fq1Pcb-a46ax8-kl8QZD-bonvgT-9efSJ4-fq1CmW-fpLrDr-dswJDU-fpLxK6-mp65jY-bwYPdm-dCVWr6-fpLyaB-676HeF-fq1P5S-614Vmy-59YEpk-4Ssi9J-fq1HiU-fpLy6r-xeeDD-ojEYBX-hyT1LF-doxx2A-916Rat-6Lwnkb-fpLmMa-eaLjxw-cvp27U-CrtrB9-4uETvz-doxp4H-dwpa5A-pHuwwQ-fq1P8b-2TMWmq-djfrU>
 CC BY 2.0

高圧輸送を可能にするパイプライン用の高強度材料

高強度かつ高靱性

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

ロシアの天然ガスパイプラインの写真



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

パイプライン用鉄鋼材料の開発年と強度の
関係図

高強度化するパイプライン用
鉄鋼材料



下記出所をもとに作成

図3 欧州における天然ガスパイプライン

原子力百科事典

<http://www.rist.or.jp/atomatica/>

EU共通エネルギー政策 (14-05-15-06)

http://www.rist.or.jp/atomatica/data/dat_detail.php?Title_No=14-05-15-06

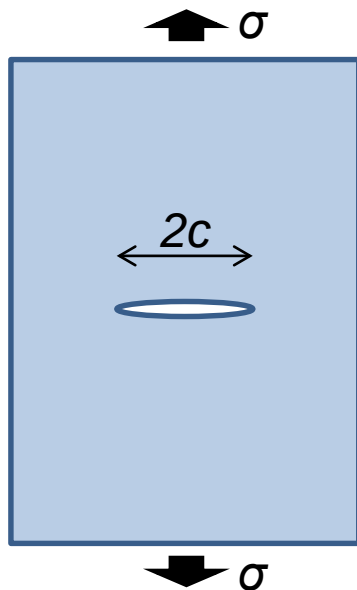
図3 欧州における天然ガスパイプライン

http://www.rist.or.jp/atomatica/data/fig_pict.php?Pict_No=14-05-15-06-04

[出所]欧州委員会:INOGATE計画、Europe — Natural Gas Pipelines http://www.inogate.org/en/images/maps/gas_map_big.gif

大型海洋構造物や大深度の石油・ガス掘削、石油・ガスの高圧輸送を可能にする高強度材料

- 構造物大型化、大深度や長距離の輸送のための**高強度材料**→軽量化、高圧環境
- **高耐食性**(硫化水素、海水、環境水、など)
- 信頼性や安全性のための**高靱性**



応力拡大係数

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi c}$$

σ 荷重

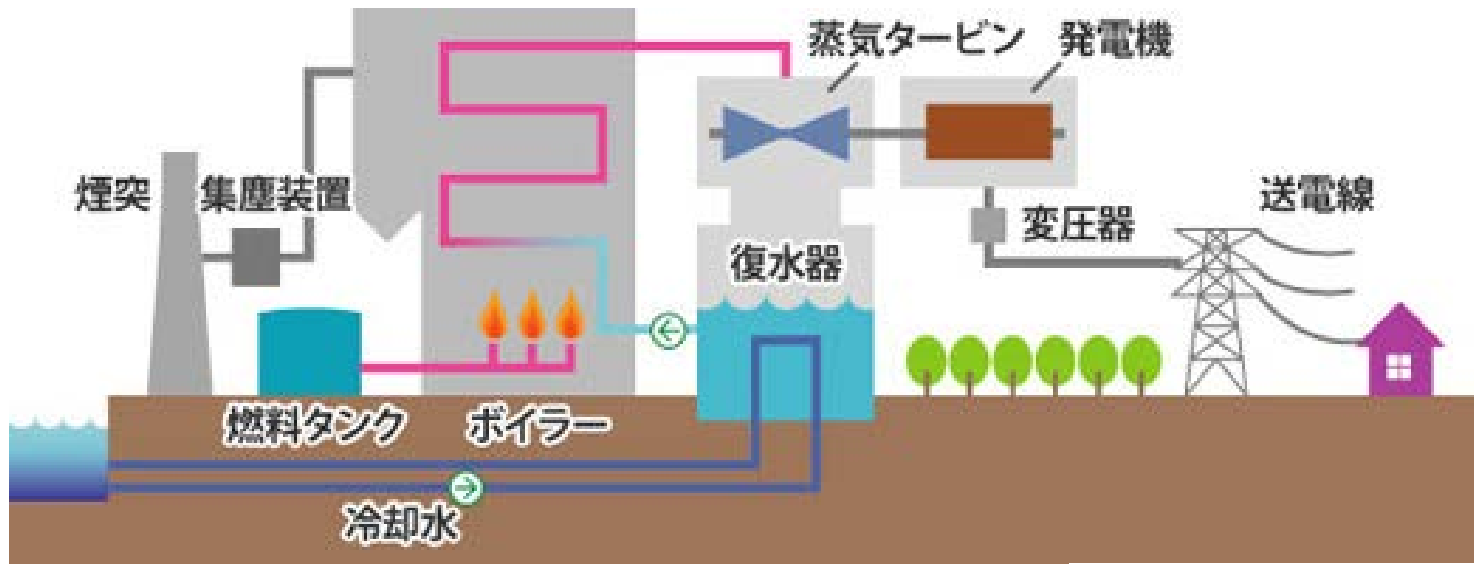
c クラック(欠陥)のサイズ($2c$)

$K_I < K_{IC}$ (材料の破壊靱性値)なら進展しない

$K_I > K_{IC}$ なら、き裂は進展する

火力発電の効率化に向けて

- 石炭・石油・LNG焚き→高温高压蒸気→蒸気タービンによる発電
- 超々臨界圧(USC)ボイラー
 - 蒸気温度を 538°C → 650°C にすることで発電所1基あたり自動車16万台分のCO₂削減可能(発電全体の約7%)
 - より高温に持つタービン、ボイラー管材料が必要



(C)Copyright TOSHIBA CORPORATION

火力発電の効率化

三菱重工
化石燃料利用の効率化
<http://www.mhi.co.jp/discover/earth/know/history/future/efficiency.html>
(最終閲覧日: 2017年7月5日)

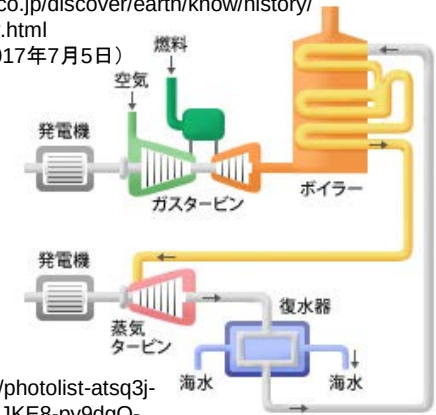
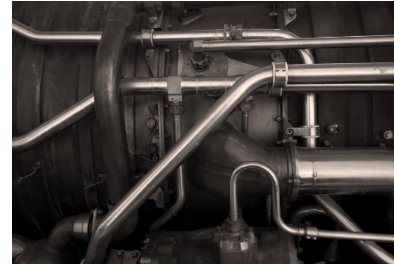
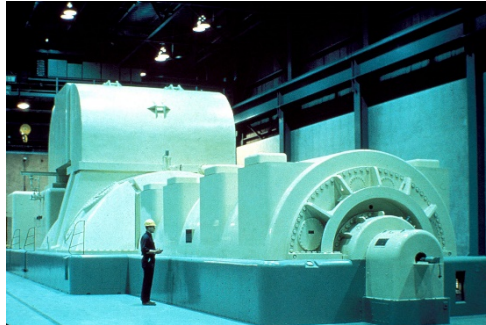
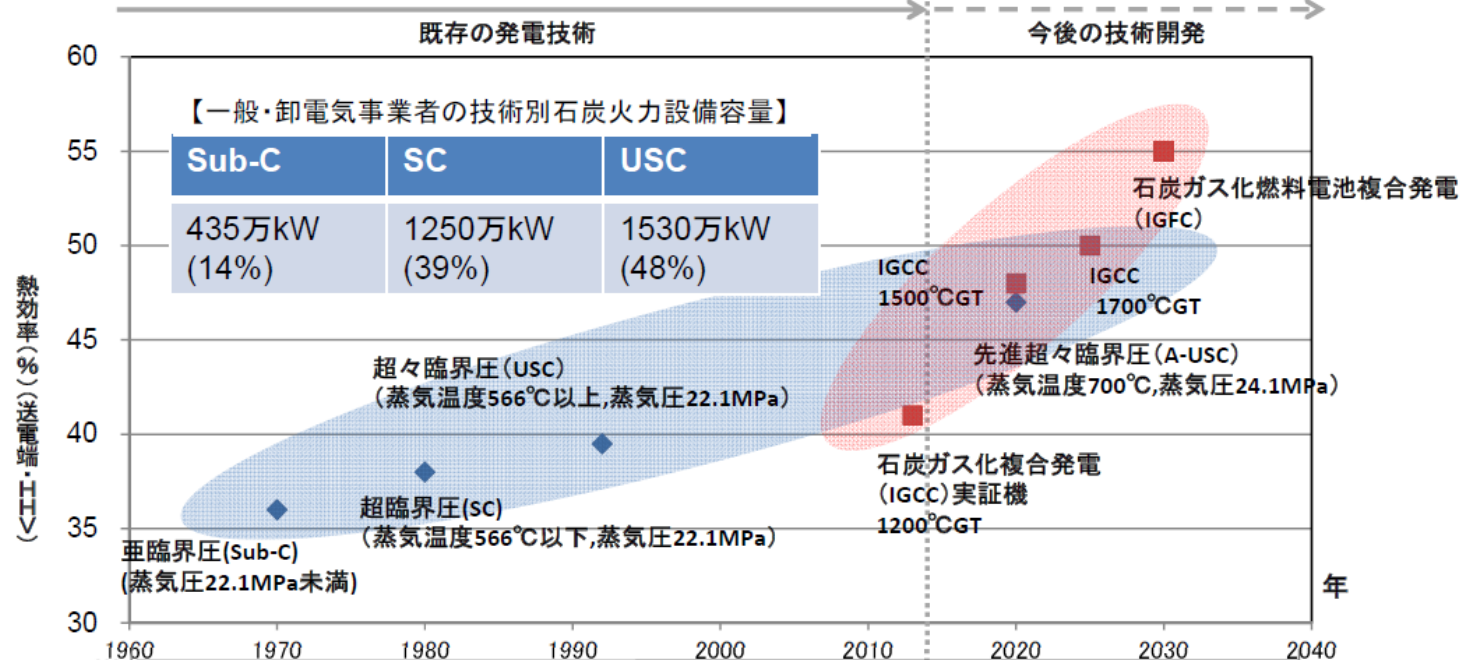


Photo by Siemens Pressebild, from Wikipedia
https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%92%B8%E6%B0%97%E3%82%BF%E3%83%BC%E3%83%93%E3%83%B3#/media/File:Dampfturbine_Laeufer01.jpg
CC BY-SA 3.0

Photo by Fotosilber, from flickr
<https://www.flickr.com/photos/fotosilber/6217910086/in/photolist-at3q3j-8QP4MY-4D8TYP-5aamak-UTZoy-9dTb4f-4HivcT-6BJKE8-py9dgQ-fGQqXt-7fa9rz-75aiGh-74Mwd2-74RpM1-f5f5gZ-8Nw2qT-tu26r-acFadJ-8wgbTa-x3tVB-5epYUS-4Ybbkq-Jssf3-oB4b5m-4Y7bG6-bqch7h-V1MC6N-rbPgvF-2nraBC-5AGXAC-ScnMdY-kJZHtN-448p-9H6MtT-6o9c1Y-9tuDNI-22LnnG-9dRoLf-5vXY9V-52VFqF-448m-3rDw5-6mdfxR-aEtszi-76s6LE-8oZpKq-4Y6UMp-4Y6Vf8-dqExjH-4YbajQ>
CC BY-NC-ND 2.0

<石炭火力発電の効率向上>



経済産業省資源エネルギー庁総合資源エネルギー調査会 長期エネルギー需給見通し小委員会(第5回会合)資料3(平成27年3月)
火力発電における論点

http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/005/pdf/005_07.pdf

UTokyo Online Education 学術俯瞰講義 2017 小関敏彦 CC BY-NC-ND

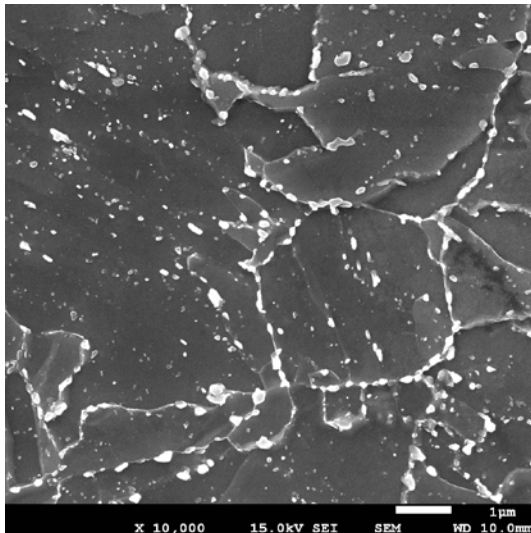
高温強度とクリープに強い材料

- クリープ

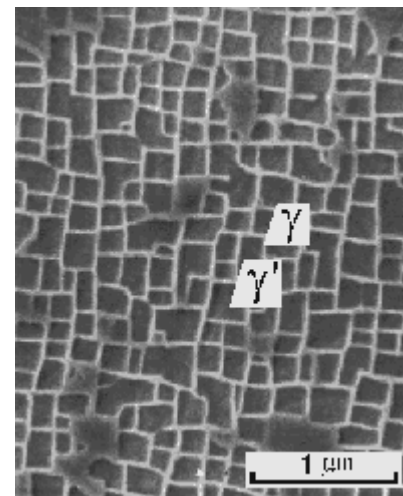
高温環境下では、負荷応力が**降伏応力以下でも長時間で変形・破壊**。高温、高応力ほど短時間破壊。

タービンやボイラーの寿命や事故の主因

- **高温での転位の移動を妨害する材料のナノレベル組織制御**による高強度材の開発が必要



高Cr耐熱鋼
ナノ析出



超高温タービン用
Ni基超合金 γ/γ' 組織
(NIMS)

日本金属学会会報『まてりあ』 第52巻10号
p469-474、図4

これからのエネルギーをどうするか

- 再生可能エネルギー

- ようやく5%。いかに拡大できるか。効率アップも必要。
- 不安定さをカバーするスマートグリッド前提

- スマートグリッド

- IoT活用、高効率送電、蓄電が前提
- 送電ロス低減(電力の5%)→高圧送電、超伝導送電
- 全国、地域、ビル・家庭、様々な単位のマネジメント

- 蓄電

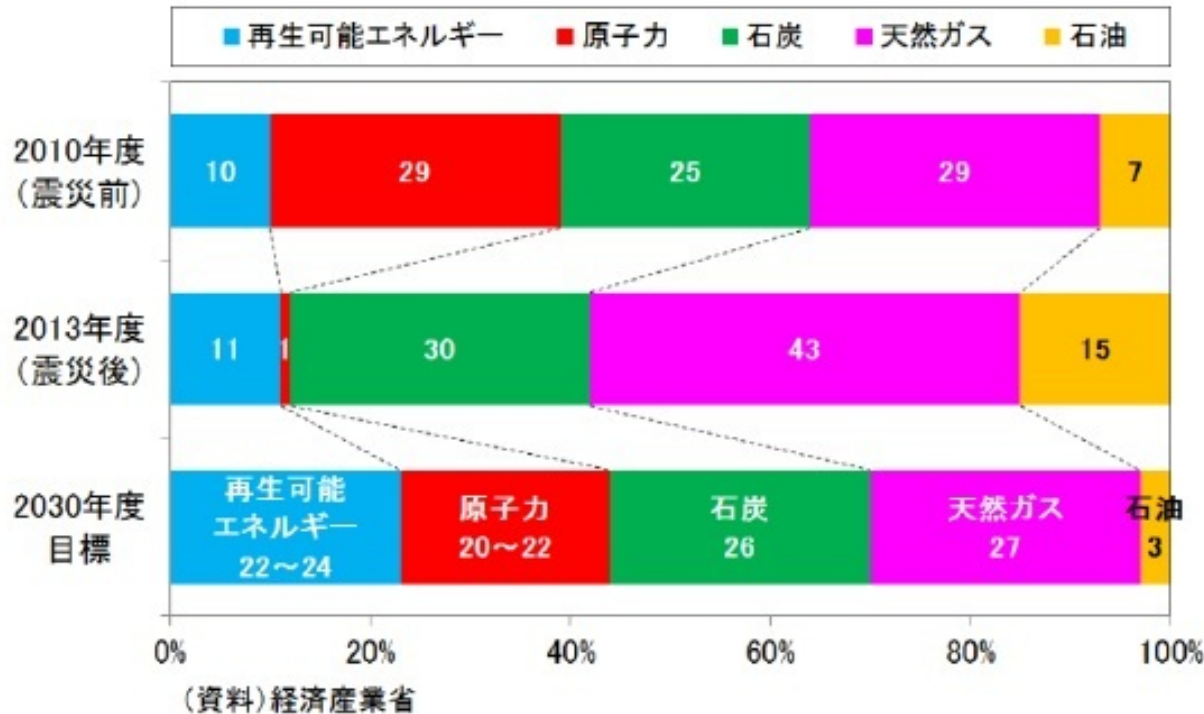
- 電池性能向上、超伝導蓄電

- 水素社会

- 水素の製造、輸送、貯蔵の安全性、信頼性

日本の発電

日本の電源構成の推移



火力発電が
9割

水力を除くと
再生可能エネ
ルギーは3.8%

ドイツは18%

ニッセイ基礎研究所
「COP21「パリ協定」が日本に迫るもの～原発再稼働・増設の是非と再エネ普及に伴う国民負担増～」
<http://www.nli-research.co.jp/report/detail/id=51559?site=nli>
日本の電源構成の推移
(最終閲覧日:2017年8月29日)

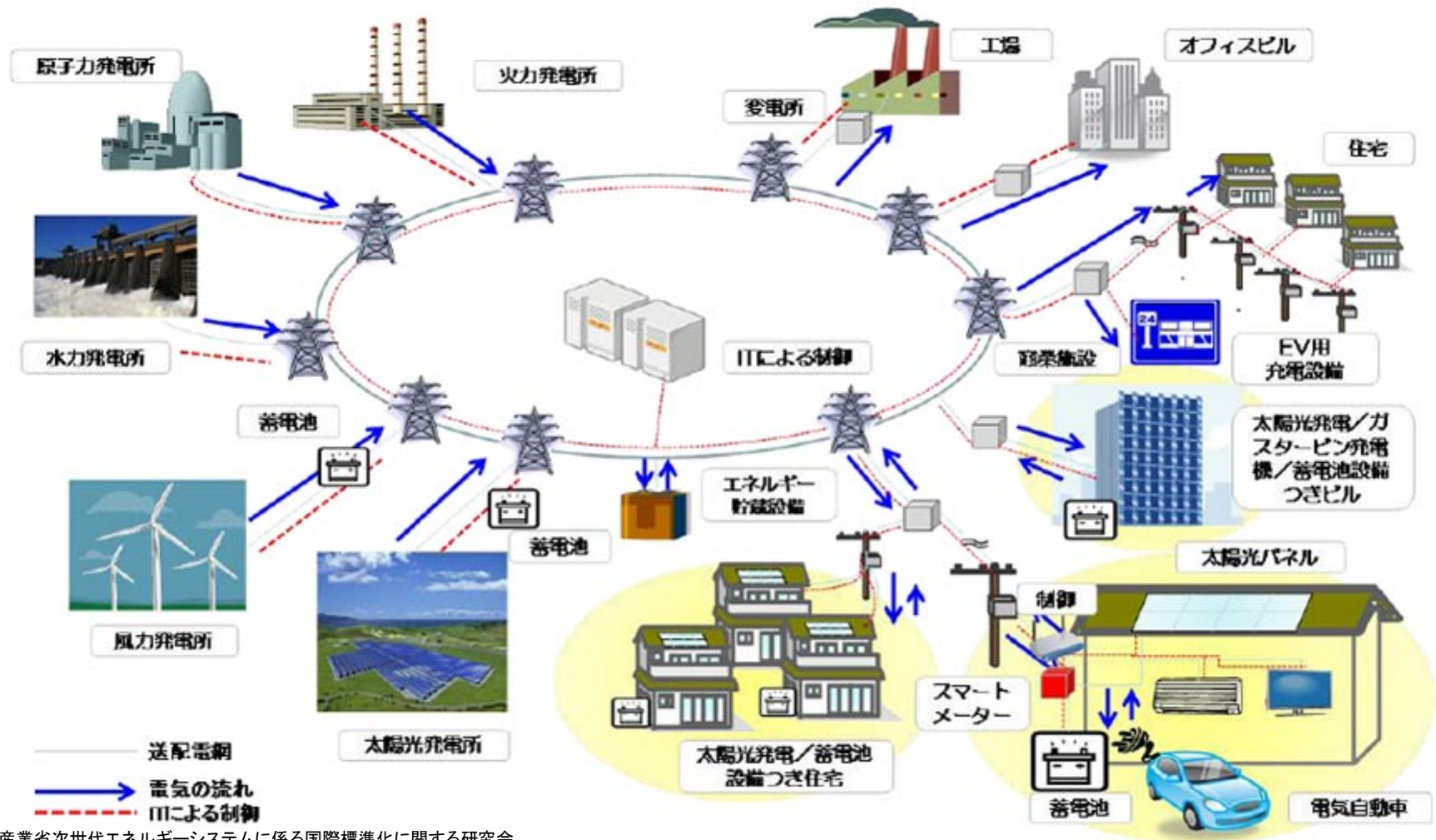
太陽電池の効率競争-マテリアル開発

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

ソーラー発電の開発企業と開発物のグラフ
NREL best research-Cell Efficiencies

スマートグリッド・スマート社会

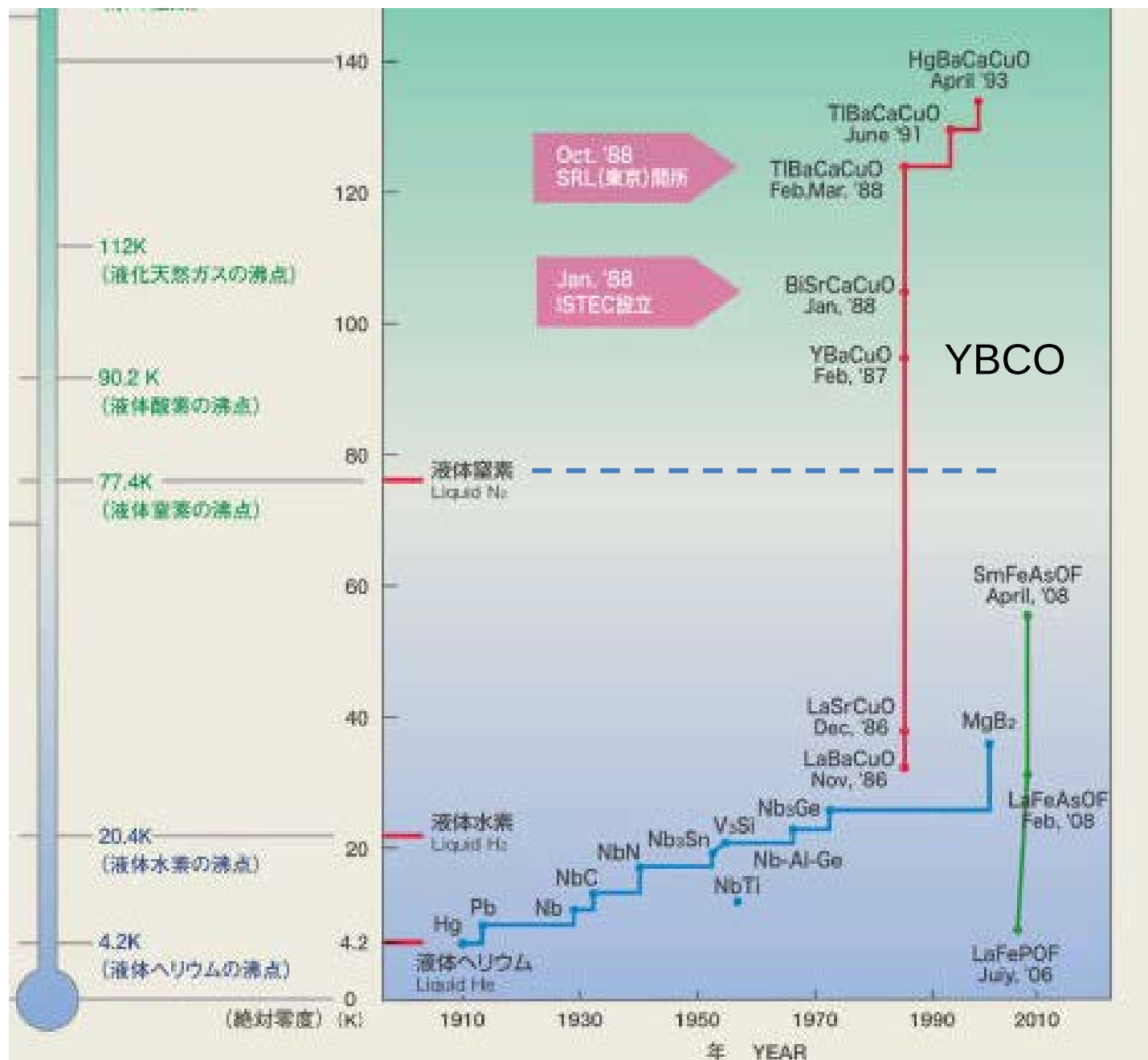
電力生産・消費の不安定、家庭や地域、国全体の電力消費の不均一の解消



超電導

電気抵抗ゼロ 送電線

超電導コンピュータ
磁気浮上マグネット
電力貯蔵
NMR, MRIなど



国際超電導産業技術センター
超電導ってなあに?
<http://www.istec.or.jp/description/description.html>
(最終閲覧日: 2017年7月5日)

蓄電池

	鉛電池	NaS電池	ニッケル水素電池	リチウムイオン電池
※1 エネルギー密度	約35Wh/kg	約110Wh/kg	約60Wh/kg	約120Wh/kg
※2 エネルギー効率	87%	90%	90%	95%
※3 寿命 (サイクル数)	4500	4500	2000	3500

→ 500Wh/kg目標

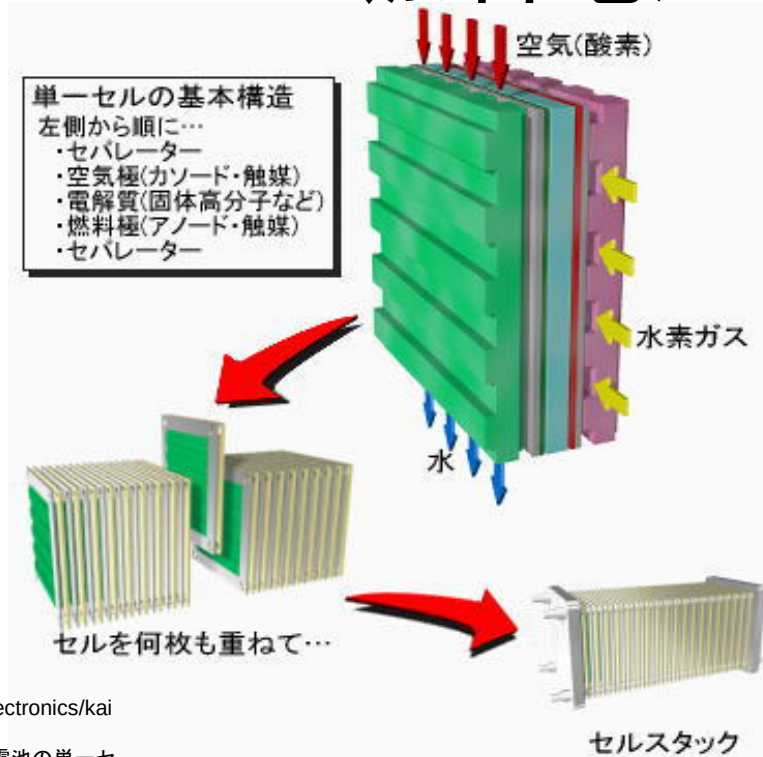
2. コスト目標

	現状	2010	2015	2030
次世代自動車用	20万円/kWh	10万円/kWh	3万円/kWh	0.5万円/kWh
系統連系円滑化用	15万円/kWh	4万円/kWh		1.5万円/kWh

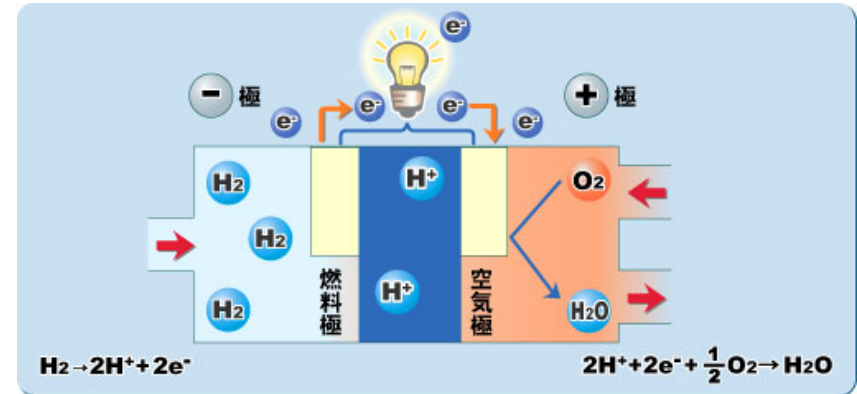
※同一条件での比較ではないため、あくまでも参考値

出典: 次世代自動車用電池の将来に向けた提言(2006年8月)

燃料電池のしくみ



燃料電池.net
<http://xn--qevu4mf0e768b.net/about/shikumi.html>
発電の原理
(最終閲覧日: 2017年8月29日)



H₂: 水素 O₂: 酸素 H₂O: 水 H⁺: 水素イオン e⁻: 電子

ナノエレクトロニクス
<http://www.s-graphics.co.jp/nanoelectronics/kaitai/fuelcells/3.htm>
図. 固体高分子型燃料電池の単一セルとセルスタックの構造
(最終閲覧日: 2017年7月5日)

燃料電池車
(トヨタ)

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

燃料電池車の概要図
TOYOTA FCV(燃料電池自動車)
<http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/environment/fcv/>

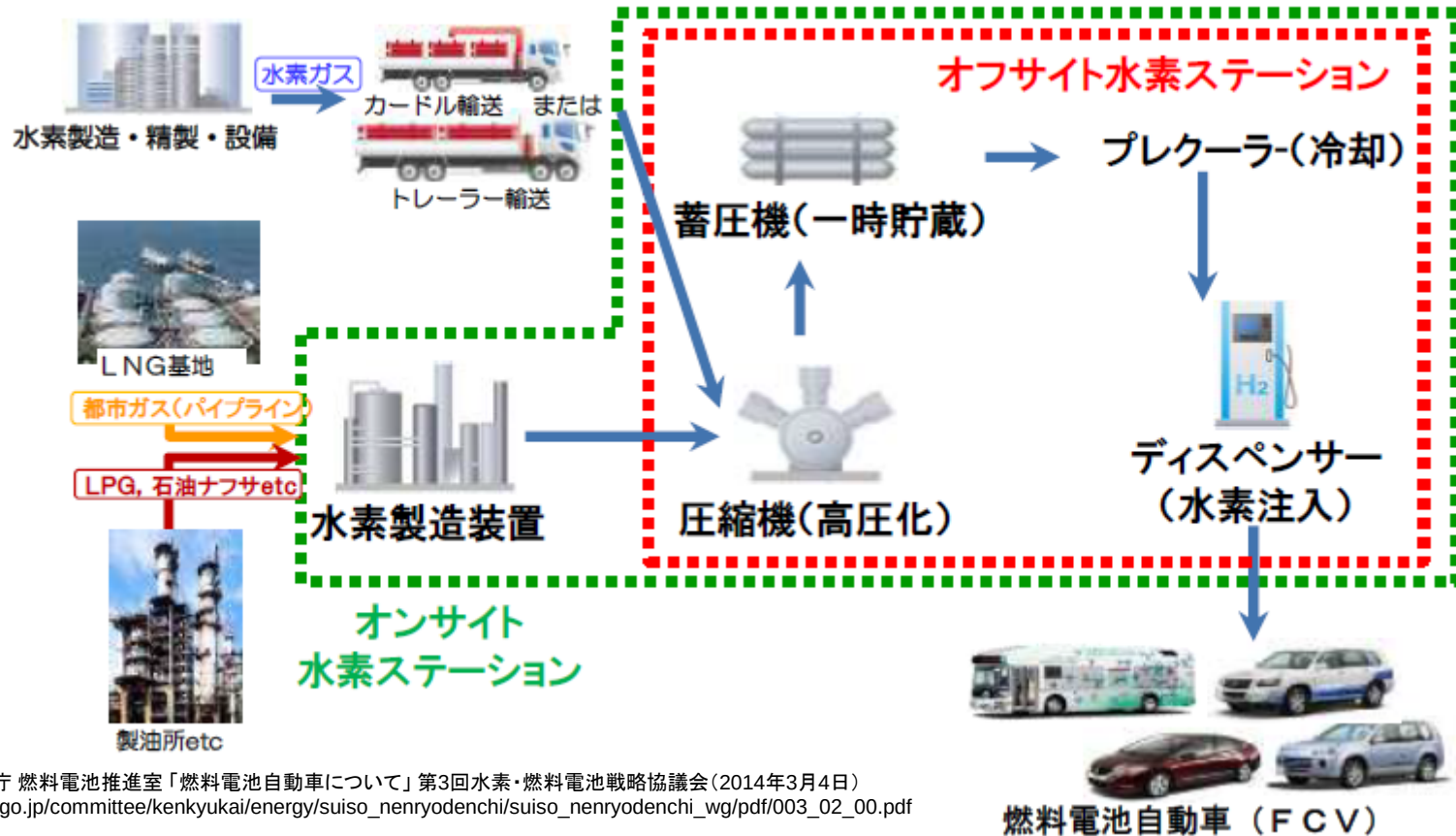
燃料電池の種類

	りん酸形 (PAFC)	溶融炭酸塩形 (MCFC)	固体酸化物形 (SOFC)	固体高分子形 (PEFC)	アルカリ形 (AFC)
原料	都市ガス、LPG等、	都市ガス、LPG、石炭等	都市ガス、LPG等	都市ガス、LPG等	水素
作動気体	水素	水素、一酸化炭素	水素、一酸化炭素	水素	水素
電解質	りん酸	炭酸リチウム /炭酸カリウム	安定化ジルコニア	陽イオン交換膜	水酸化カリウム
イオン伝導種	水素イオン	炭酸イオン	酸素イオン	水素イオン	水酸イオン
運転温度	約200℃	約650℃	約1000℃	常温 ～約100℃	常温 ～約100℃
発電効率	40～50%	45～60%	50～60%	40～60%	45～60%
開発段階	商用化段階	試験研究～実証段階	試験研究～実証段階	試験研究～実証段階	宇宙船に実用されている

↓
自動車

水素社会に向けて

水素ステーションの構成機器(概要)



資源エネルギー庁 燃料電池推進室「燃料電池自動車について」第3回水素・燃料電池戦略協議会(2014年3月4日)
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/suiso_nenryodenchi_wg/pdf/003_02_00.pdf
スライド34

耐水素脆化に優れた鉄鋼材料

重点的に取り組むべきエネルギー革新技術



※EMS：Energy Management System、HEMS：House Energy Management System、BEMS：Building Energy Management System

経済産業省資源エネルギー庁 Cool Earth-エネルギー革新技術計画（平成20年3月）
http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/for_energy_technology/pdf/cool-earth-hontai.pdf
 p4図1)重点的に取り組むべきエネルギー革新技術
 （最終閲覧日：2017年7月5日）

安心・安全な生活のためのインフラ

- 地震など様々な災害に耐えるインフラ
- 高耐久・環境配慮のインフラ(経年劣化の低減)
- 同時に高機能、利便性、心地良さ、施工性、コスト
- 優れたデザイン。50年、100年の街づくり



神戸市 震災記録写真集

<http://www.city.kobe.lg.jp/safety/hanshinawaji/data/photo/index.html>

水木通1丁目

<http://www.city.kobe.lg.jp/safety/hanshinawaji/data/photo/img/hyoug>

oku.JPG

(最終閲覧日:2017年7月5日)



Photo by kobeshi, from Wikipedia Commons

https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%98%AA%E7%A5%9E%E3%83%BB%E6%B7%A1%E8%B7%AF%E5%A4%A7%E9%9C%87%E7%81%BD#/media/File:Hanshin_Expressway_Nada_b059.jpg

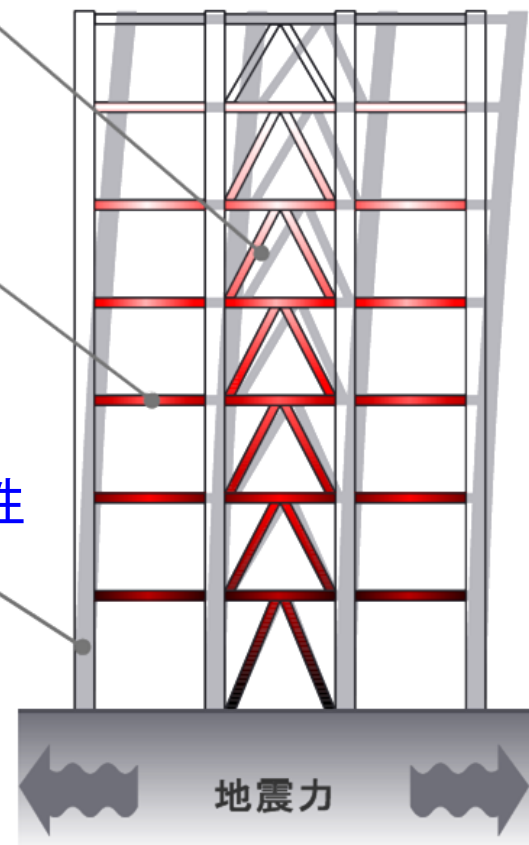
CC BY 2.1 JP

耐震性を高める 鉄鋼材料

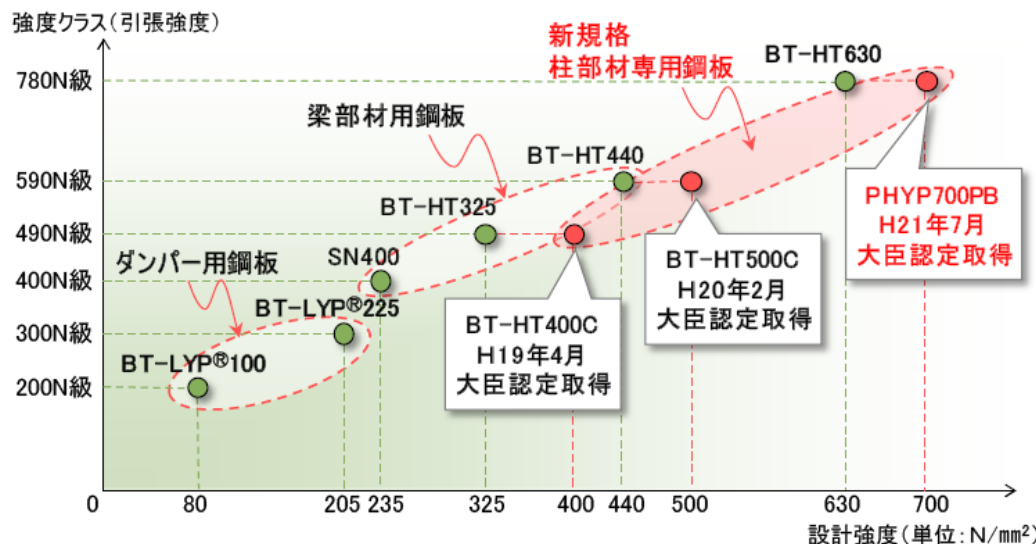
制振ダンパー
極低降伏強度
高伸び延性

梁部材
低降伏強度

柱部材
高降伏強度・高靱性



新日鐵住金株式会社
「国内最高レベルの設計強度 700N/mm²の建築用プレスバンド鋼管が東京スカイツリー®
ゲイン塔に採用」
http://www.nssmc.com/news/old_nsc/news/data/20101216102856_1.pdf
p. 3 図2 建築構造用鋼材の新規格体系



世界一の高さを誇る観光タワー 東京スカイツリー®に
新開発鋼「高降伏強度鋼材」が大量採用
http://www.nssmc.com/news/old_nsc/news/data/20090826150735_1.pdf
p3、図 2/ 建築構造用鋼材に求められる特性

溶接接合部靱性に優れた高強度鋼

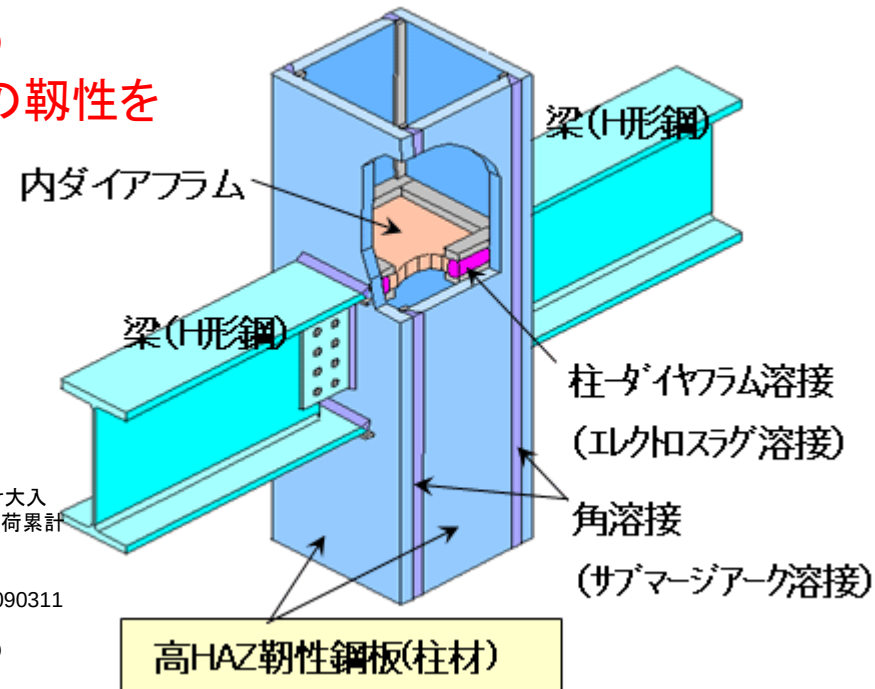
著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像
を削除しました

新丸の内ビルディングの
写真

高強度、かつ
溶接接合部の靱性を
大幅向上

JFEスチール
2009年3月11日建築構造向け大入
熱溶接用高HAZ靱性鋼板 出荷累計
10,000トン達成
<http://www.jfe-steel.co.jp/release/2009/03/090311.html>
(最終閲覧日: 2017年7月7日)

溶接組立四面ボックス柱



新丸ビル

阪神大震災の時の
溶接部での破断事例



建築耐震基準の変遷と耐震診断
の目的
<http://taishin.kozoweb.jp/shindan/how.shtml>
柱梁接合部の溶接部の破断
(最終閲覧日: 2017年7月7日)

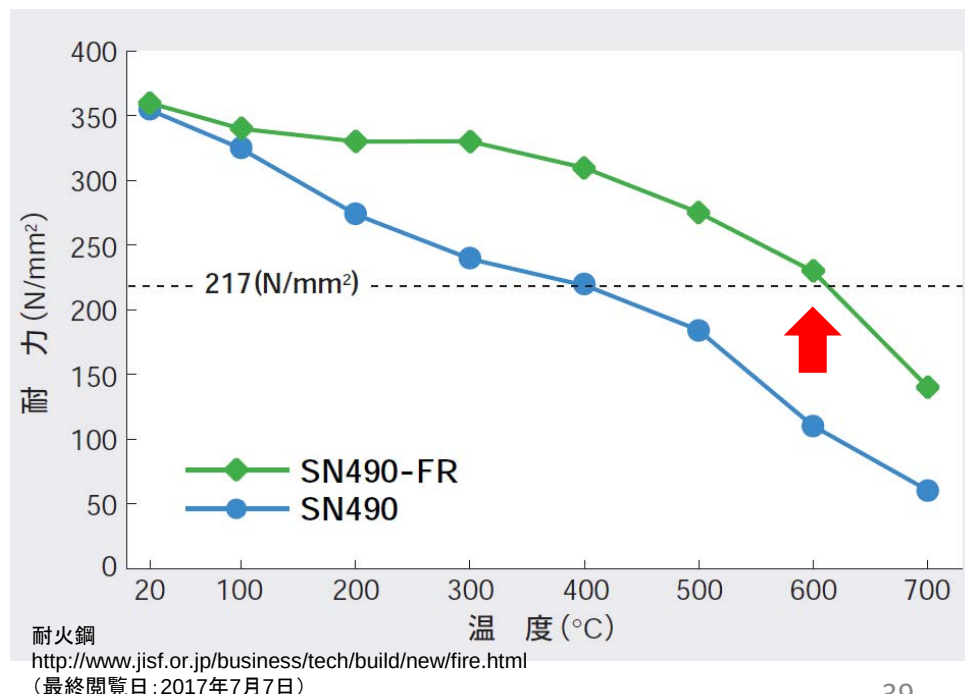
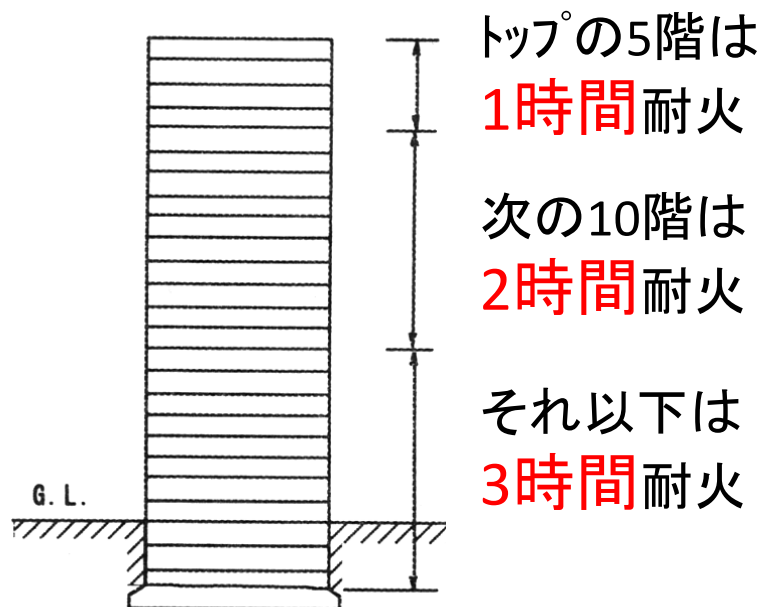
耐火性を 高める 鉄鋼材料

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

2017年6月に発生したロンドンの火災
消火の様子の写真

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

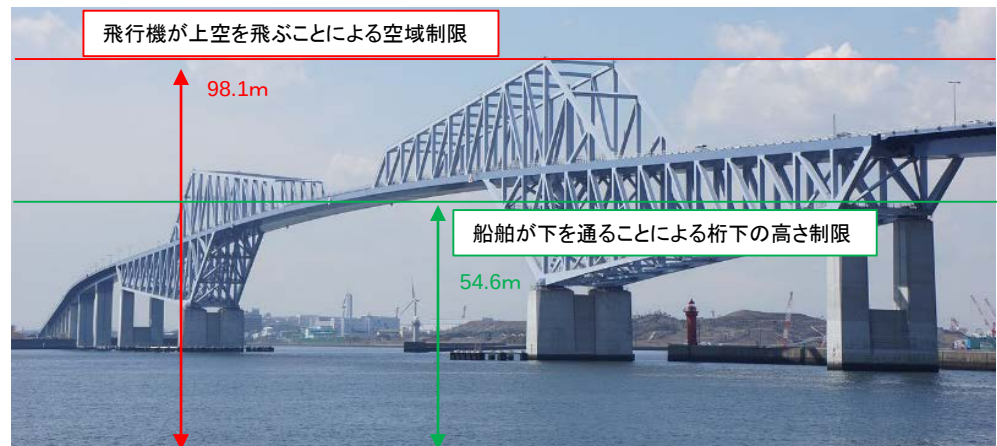
2017年6月に発生したロンドンの火災
消火後の建物の写真



進化する橋



- ・ロングスパンを可能にする
高強度鋼 (SBH500)
- ・短工期を実現するための
溶接性 (全溶接)



橋梁、高架の信頼性



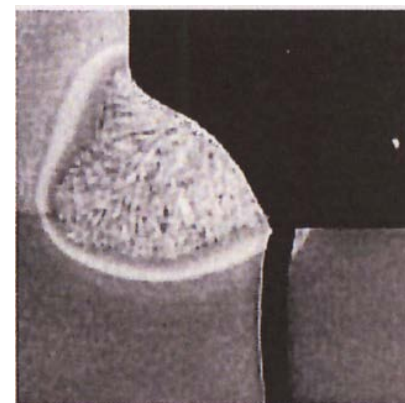
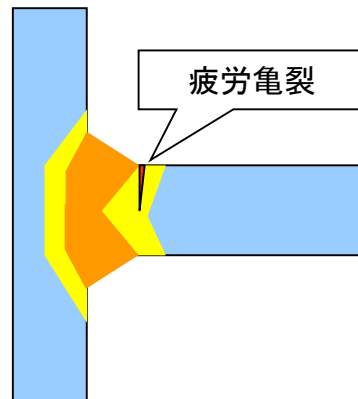
Photo from Wikipedia Commons

米ミネソタの高速道路橋の崩落(2001)

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

橋足の疲労亀裂写真
新日本技研株式会社
<http://www.snge.co.jp/index.shtml>
橋梁の点検・調査
<http://www.snge.co.jp/business/check.html>

橋脚の疲労き裂



金属材料の疲労

- 降伏点以下の繰り返し応力下で、亀裂が発生・伝播し破断。破壊事故の80-90%
- 定期的な検査(非破壊検査)
- 応力集中箇所の回避(設計)
- 表面硬化、材料組織制御による材料としてのき裂進展の遅延
- 疲労の予測技術→適切な構造体の設計と材料の選択

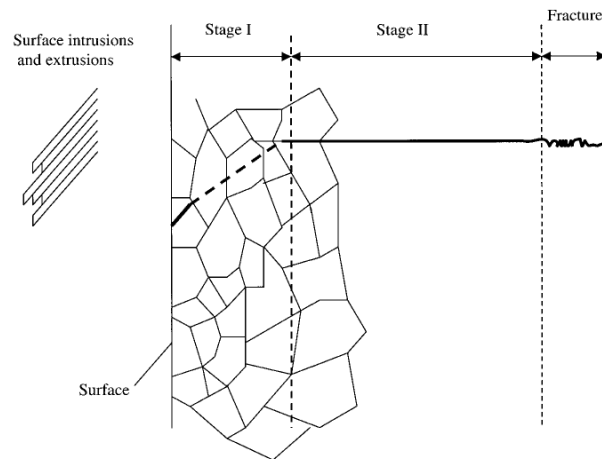


Fig. 1. Schematic representation of crack formation and growth in polycrystalline metals

A state-of-the-art review on fatigue life prediction methods for metal structures

"Journal of Marine Science and Technology" vol.7, 2002

<https://link.springer.com/article/10.1007/s007730200012>

p44 ,fig1

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

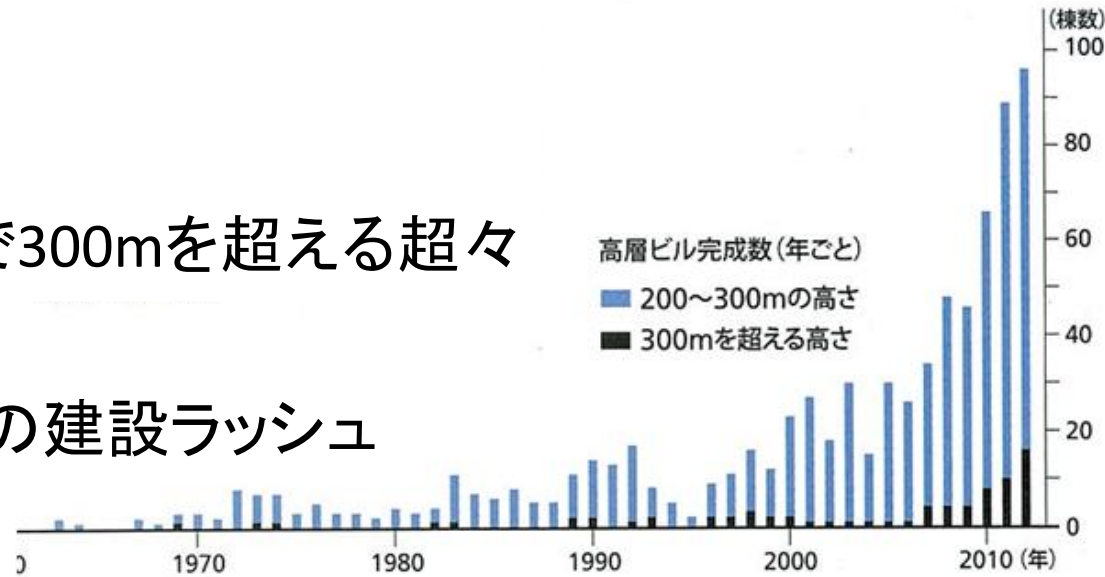
(株)IHI検査計測
事業内容 材料実験 損傷調査と原
因究明、その対策
疲労破面と球のストライエーション
[http://www.iic-
hq.co.jp/services/D/15.html](http://www.iic-hq.co.jp/services/D/15.html)

安心の未来都市づくり

『日経サイエンス』2012年7号p68～76
進化する摩天楼-M. ラムスター
p73 続く建設ラッシュ
http://www.nikkei-science.com/201207_068.html

世界の動向

- 20世紀が終わった時点で300mを超える超々高層はわずか22棟
- 2010以降は年10棟以上の建設ラッシュ



日本

- 航空法、地震大国
- スカイツリー、あべのハルカスなど高層化
- 大空間、様々なデザイン
耐震性、耐火性
- それを支える鋼材の高強度化
溶接部の靱性向上

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

東京スカイツリー骨格画像

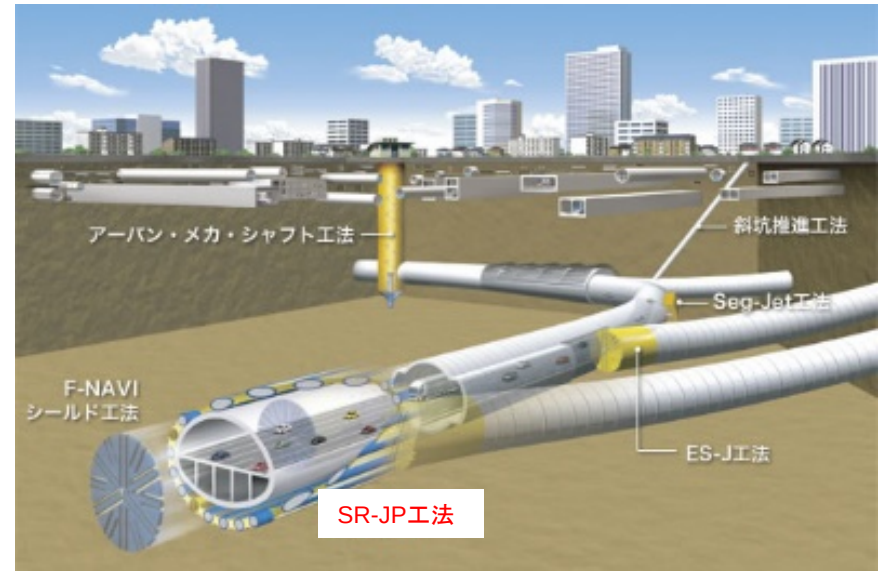
著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像
を削除しました

東京スカイツリー
全体画像

さらに上空に、地下に、海へ

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

スカイシティ1000の画像
<http://www.takenaka.co.jp/solution/needs/construction/service08/index.html>



テクノアイ 2005年11月10日 地下超大断面トンネルの分岐合流部を低コスト・短工期で構築！
<https://www.shimztechnonews.com/hotTopics/news/2005/t051110.html>

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

メガフロートイメージ図
Introduction of Mega-float
http://www.srcj.or.jp/html/megafloat_en/menu/top.html
What's Mega-float?
http://www.srcj.or.jp/html/megafloat_en/menu/top.html

安心な社会に向けて

環境のために

- 環境負荷の少ない二次エネルギー生産、効率的なエネルギー利用・備蓄、環境負荷の少ない移動体の実現
- それを実現する構造体と材料

安心安全のために

- 震災、事故の耐え、長期信頼できる構造体
- それを実現する構造体と材料

加えて

- 構造体としての性能、利便性、快適性、意匠性、製造性や経済性、資源節減の両立が必要。工学の役割。
- 安心のためには「医療」「情報・通信」も同じ。その両立も工学の役割

材料を視点とした工学

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・基盤研究)とその応用(総合化)。材料はその全ての基盤

