

物理システム工学科3年次  
物性工学概論  
第2回金属とは何か

副学長  
佐藤勝昭

# 第2回 2006.4.18

## 金属

- 第1回の感想、質問
- 第2回に学ぶこと
  - 周期表と金属
  - さまざまな金属
  - 金属の機械的性質

# 第1回の感想

## (1)現実の材料に興味

- この授業は、我々の身の回りで使われている便利な道具(パソコンやケータイ)に使われている材料の性質を学ぶことができ興味が湧く。(A)
- 物性とは何かを少しだけ知ることができた。現代の技術やモノのサイズなどいろいろなことに触れて面白かった。(O)
- 物理を現実世界で利用するには様々な物質の特徴を知らないといけないと思った。(K)
- 身近な話題がテーマだったのでイメージしやすく、物理・化学の知識が日常生活に役立っていることを実感した。(A)
- 様々な便利なものにはモノの性質を上手に使っていることがわかった。Ipodやipod nanoに物理がふんだんに使われている。実際に物理がどう役立っているかを学べそうで楽しみだ。(H)

# (1)つづき

- 身近にあるモノについてよく考えてみるととても興味深いものが多いと感じた。(K)
- 今生活で使われている機器の原理を学び、日頃何気なく使っていたものがどのように構成され、どう動くか学べて新しい発見と興味が湧いた。(N)
- 身近にある携帯やゲーム機、PC等に使われている普段は考えもしない技術を知れてためになった。携帯をいくつか持っていくと電子レンジになるか？(S) →電子レンジのマイクロ波パワーは数百ワット、携帯の電波は数十ミリワットですから電子レンジにはなりません。
- 日常生活に身近なモノの例を話してもらうと、わかりやすいし、トリアにもなりウンチクを知ることができてとてもよい。(M)
- 身の回りのほとんどの機械、そして、今の情報化社会が、物性の発展なしにはあり得ないことがよくわかった。物性をよく知り世の中でどのように役立っているかを学びたい。(T)

# 第1回の感想

## (2)もっと知りたいと思ったこと

- 全部面白そうだが、身近になってきた液晶や光が気になる。(Y)
- 様々な金属の今まで知らなかった特性を知って、まだまだある沢山の物性を知り理解したい。(E)
- 名前だけ聞いたことのある材料でも、何も性質を知らないものが多いのでよく勉強したい。(T)
- 物理が医療面でどのように活躍しているか知りたい。(A)→X線、MRI、PET、胃カメラ、レーザー・・・いろいろありますが、レーザーではすこし触れます。
- 発振器用水晶のおかげで携帯電話が混線しないことなど具体的な話はもっと知りたい。
- 東芝が出しているHD内蔵の携帯電話に興味を持っている。データがHDに記録されていく仕組みを知りたい。→昨年7/12の資料参照<http://www.tuat.ac.jp/~katsuaki/B050712OHP.html>

## (2)つづき

- 量子コンピュータ、エネルギー問題(太陽電池、原子力)(M)  
→この授業では材料物性に限定します
- 今実現されている技術などに関して、物足りなく感じたので、2回目以降が楽しみ。(U)
- 液晶テレビ、および、液晶そのものについて詳しく知りたい。(K)
- 学生実験でトランジスタを使っており、その仕組みはある程度理解したが、もっと内部の構造や、応用のされ方を知りたい。(I)
- 身近にある材料の性質について詳しく知りたい。(S)

# 第1回の感想

## (3)授業への注文・提案など

- 知らない言葉(特にカタカナ)とか、知っていても忘れていた言葉が所々あってむずかしく感じた。(O)→ごめんなさい。なるべく説明するよう心がけます。どんどん聞いてください。
- カタカナやアルファベットが多くてメモしきれなかった。(A)→重要な用語は、プリントにあります。それ以外のは、聞き流してください。
- 大学3年生が読んでも入りやすい物性のお薦め本・参考書あれば教えてください。(T)→ちょっと古いけれど、私とE科の越田先生で書いた「応用電子物性工学」(コロナ社)はいかが。本を貸しますよ。
- 1限、パウポ・・・眠気が・・・。ともかく手を動かしたい。(M)→パウポだけでなく、できるだけ黒板も使います。
- スライドでもよいので実際のモノを沢山みたい。(S)
- 今回の内容からは試験の内容などには見当もつかない。(U,M) →昨年テストは講義のWebで見られます。
- 話が大まかなので何をしていくかつかめない感があった。もっと詳しくなると楽しそうだ。(W)
- 授業の最初に大まかな流れを説明してから入っていった方がよいと思う。(T)

# 第1回の感想

## (4)これまで学んだ授業との関係

- 2年次の物質科学入門、現代化学で出てきた言葉も多く出て、やっと3年になって実際にある技術に近づいたようで楽しみだ。(Y)
- 材料の原理とかが物理で説明できるのが興味深かった。(O)
- 今まで量子力学や現代化学を学んで来たことが、この講義で実用編として学べそうでとても期待出来そう。(T)
- 化学の知識がかなり重要になってくると感じた(T)。
- これまでに学んできた物理・化学を実際のモノに応用していく授業なので面白そうに感じた。卒研やその先で学ぶことのきっかけになる授業だと思う。(A)
- 今までの授業では材料や物質を扱っているのが少なかったなので、この講義は具体的だと思った。(S)
- 2年の時の物質科学に似ているように思ったが、シラバスを見て、より工学的であると思った。(S)
- 現代化学をもっと物理寄りにした感じ。(I)
- 化学を知って物理に用いる学問だと思った。(Y)



## (4) つづき

- 化学と電磁気については、去年までに学んでいるので復習したい。物理だけではダメで化学もできなくてはと思うと気が重くなる。(S)→暗記としての化学でなく、物理に基づいた化学なら入りやすいよ。
- 今までただ基礎をやってきたが、いよいよ実践的、応用力を勉強出来ると思った。少し避けてきた化学にも興味を持たなければならないと思った。今の知識がどう企業で使えるのか気になる。(M)
- 最先端の技術にもレンズの原理など基礎的な原理が使われているそうなので、忘れていたところを復習したい。(Y)
- 結晶についてとGaAsについては、物質科学入門で出てきた。ペンローズパターンは技術者倫理で触れていた。ポーリングさんの量子化学は現代化学のレポートのとき参考にした。(A)
- 化学をはじめあらゆる知識が必要と感じた。(K)
- 物理が実際にどのように使われているかを紹介されたが、興味深かった。(S)

# 第1回の感想

## (5)科目について

- 今までの授業では、どちらかといえば理論的なことを学んできたが、この授業では「工学」的なことを学べるように思った。(N)
- 物理システム工学科的な科目だと感じた。光学的な話は面白い。やっと、基礎基本から抜け出した感がある。(I)
- 就職ガイダンスのような印象もあった。まさに概論、どんな選択肢があるのか教えられているよう。(M)
- 今まで学習したことをもとに実質的なこと、研究につながることを学ぶ授業だと思った。(M)
- 物性工学は今までと違って、式や計算ではない分野だと感じた。物質科学と似ているかなと思う。そういう意味でテストが不安。(M)→金属の反射のところでは、自由電子の運動方程式など式も使います。テストは、昨年の講義のWebにありますよ。
- はじめ「物性」という意味がわからなかったが、材料の機能であると知り納得した。(O)
- これまで受けた授業とは別のジャンルのものだと感じた。実用的知識が得られそうで楽しみだ。(M)

## (5) つづき

- 電気器具で使われている材料や仕組みを学ぶ授業だと思った。(I)
- おぼろげながら外で行われている研究と、今学んでいる勉強とのつながりが見えてくる内容だった。研究に進むときの指針になると思う。(K)
- 物性とは材料の成り立ちについて学ぶ授業であるとわかった。(I)
- 単に数式だけの講義より取り組みやすい。(K)
- 1限はつらいが、勉強するとためになるのでがんばれると思う。(A)
- いままでやってきた基礎学問から、より応用的なテーマ・技術について扱うのが物性かなと思えた。原子単位からだんだんヒト、社会に近づいた感あり。(A)

# 第1回の感想

## (6)講義のやり方について

- 前(1年次電磁気)のように新設・丁寧な授業になりそうで少し安心した。(O)
- 相変わらずときめく授業でした。(Y)
- 1年の時に電磁気を教わったが、わかりやすく、授業の雰囲気も柔らかかった。今回もそれらが継続されていて有意義だった。(S)
- ネットに教材が載っているのは助かる。(S)

# テストが心配？

## 昨年の例

- ミニテスト1：A4カンペ持ち込み可
  - 金属について、ドルーデの式、半導体の色、半導体の電気伝導
- ミニテスト2：A4カンペ持ち込み可
  - ルミネッセンス、レーザー、半導体レーザー、pn接合、光電変換
- 期末テスト：参考書、A4カンペ持ち込み可
  - 磁性の基礎、磁気ヒステリシス、磁気記録、磁気抵抗効果、有機化合物とディスプレイ

# 元素の周期表

<http://www.corrosionsource.com/handbook/periodic/>

貴金属

半導体

半金属

Periodic Table of the Elements

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	III B	IV B	V B	VIB	VII B	VIII			IB	IB	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	+Ac	104 Rf	105 Ha	106 Sg	107 Ns	108 Hs	109 Mt	110	111	112	113					

希土類金属

* Lanthanide Series	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
+ Actinide Series	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

金属					非金属		
アルカリ金属	アルカリ土類金属	遷移金属	希土類金属	その他金属	ハロゲン	希ガス	その他非金属

# 周期表と電子配置

- H  $1s^1$
- He  $1s^2$  閉殻 [He]と記述
- Li [He]  $2s^1$
- Be [He]  $2s^2$
- B [He]  $2s^2 2p^1$
- C [He]  $2s^2 2p^2$
- N [He]  $2s^2 2p^3$
- ...
- Ne [He]  $2s^2 2p^6 \rightarrow$  [Ne]
- Na [Ne]  $3s^1$
- Mg [Ne]  $3s^1 3s^2$
- ...
- Ar [Ne]  $3s^2 3p^6 \rightarrow$  [Ar]
- K [Ar]  $4s^1$
- Ca [Ar]  $4s^2$
- Sc [Ar]  $4s^2 3d^1$
- Ti [Ar]  $4s^2 3d^2$
- ...
- Cu [Ar]  $4s^2 3d^{10}$

# 原子における電子配置

- 原子内の電子：中心力の場で原子核と結びつけられている→球面調和関数で記述される
- 軌道の広がり的大小を決めるのが主量子数 $n$
- 軌道の空間的な形状を決めるのが方位量子数（軌道角運動量指数） $l$ と磁気量子数 $m$
- $n$ は1,2,3,4,5・・・、  
 $l$ は0, 1, ...,  $n-1$ 、  
 $m$ は $-l, -l+1, \dots, l$  という値をとる



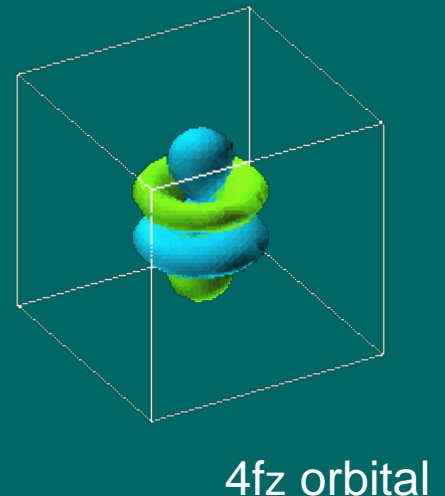
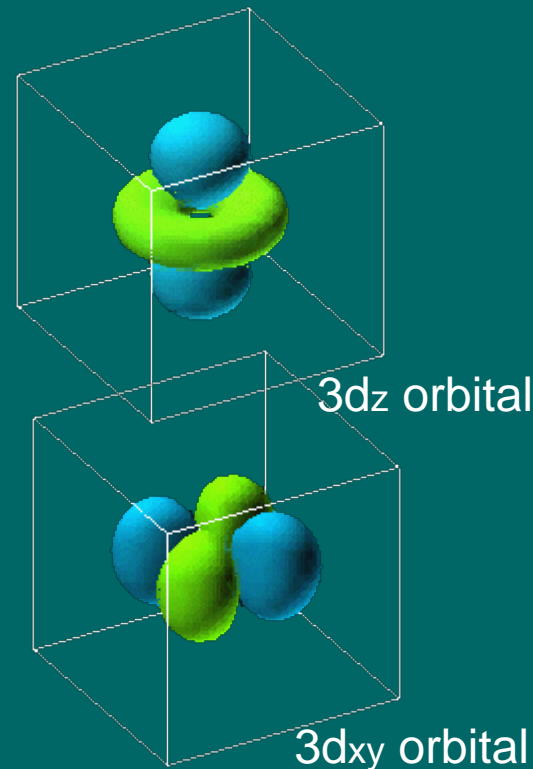
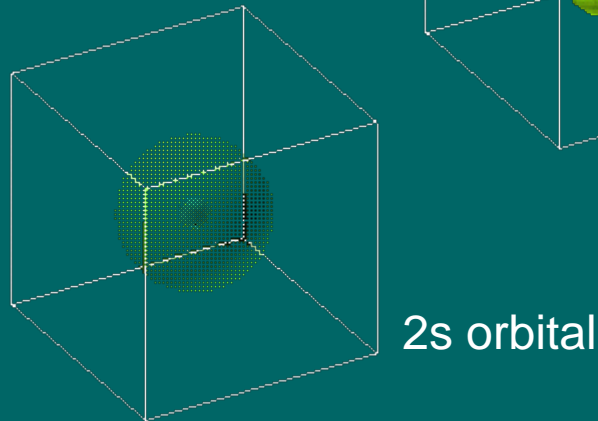
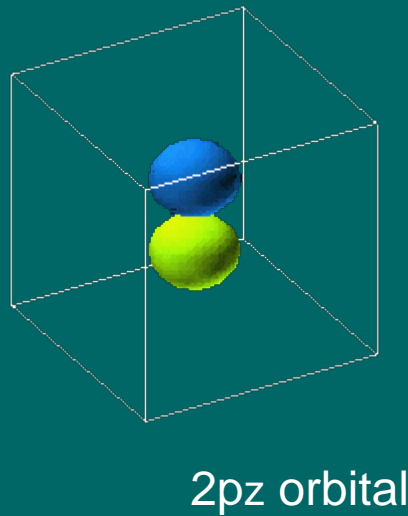
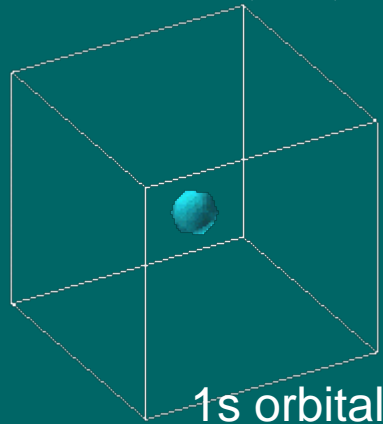
# 主量子数と軌道角運動量量子数

- 主量子数  $n$
- 軌道角運動量量子数  $l=n-1, \dots, 0$

$n$	$l$	$m$					軌道	縮重度
1	0			0			1s	2
2	0			0			2s	2
	1		1	0	-1		2p	6
3	0			0			3s	2
	1		1	0	-1		3p	6
	2	2	1	0	-1	-2	3d	10

# 電子のエネルギー準位 $1s^2$ など

- $1s^2$  というのは  $1s$  軌道に2個の電子が存在することを表す。 $s, p, d, f$  は軌道の型を表し、それぞれが方位量子数  $l=0, 1, 2, 3$  に対応する。



# 周期表と電子配置

Periodic Table, with the Outer Electron Configurations of Neutral Atoms in Their Ground States																	
H <sup>1</sup> 1s	<p>The notation used to describe the electronic configuration of atoms and ions is discussed in all textbooks of introductory atomic physics. The letters <i>s</i>, <i>p</i>, <i>d</i>, . . . signify electrons having orbital angular momentum 0, 1, 2, . . . in units <math>\hbar</math>; the number to the left of the letter denotes the principal quantum number of one orbit, and the superscript to the right denotes the number of electrons in the orbit.</p>																He <sup>2</sup> 1s <sup>2</sup>
Li <sup>3</sup> 2s	Be <sup>4</sup> 2s <sup>2</sup>											B <sup>5</sup> 2s <sup>2</sup> 2p	C <sup>6</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>	N <sup>7</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	O <sup>8</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	F <sup>9</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>	Ne <sup>10</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>
Na <sup>11</sup> 3s	Mg <sup>12</sup> 3s <sup>2</sup>											Al <sup>13</sup> 3s <sup>2</sup> 3p	Si <sup>14</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	P <sup>15</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	S <sup>16</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	Cl <sup>17</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>	Ar <sup>18</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>
K <sup>19</sup> 4s	Ca <sup>20</sup> 4s <sup>2</sup>	Sc <sup>21</sup> 3d 4s <sup>2</sup>	Ti <sup>22</sup> 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	V <sup>23</sup> 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>	Cr <sup>24</sup> 3d <sup>5</sup> 4s	Mn <sup>25</sup> 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	Fe <sup>26</sup> 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	Co <sup>27</sup> 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	Ni <sup>28</sup> 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	Cu <sup>29</sup> 3d <sup>10</sup> 4s	Zn <sup>30</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	Ga <sup>31</sup> 4s <sup>2</sup> 4p	Ge <sup>32</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup>	As <sup>33</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup>	Se <sup>34</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup>	Br <sup>35</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup>	Kr <sup>36</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>
Rb <sup>37</sup> 5s	Sr <sup>38</sup> 5s <sup>2</sup>	Y <sup>39</sup> 4d 5s <sup>2</sup>	Zr <sup>40</sup> 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup>	Nb <sup>41</sup> 4d <sup>4</sup> 5s	Mo <sup>42</sup> 4d <sup>5</sup> 5s	Tc <sup>43</sup> 4d <sup>6</sup> 5s	Ru <sup>44</sup> 4d <sup>7</sup> 5s	Rh <sup>45</sup> 4d <sup>8</sup> 5s	Pd <sup>46</sup> 4d <sup>10</sup> -	Ag <sup>47</sup> 4d <sup>10</sup> 5s	Cd <sup>48</sup> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	In <sup>49</sup> 5s <sup>2</sup> 5p	Sn <sup>50</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>	Sb <sup>51</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup>	Te <sup>52</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup>	I <sup>53</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup>	Xe <sup>54</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>
Cs <sup>55</sup> 6s	Ba <sup>56</sup> 6s <sup>2</sup>	La <sup>57</sup> 5d 6s <sup>2</sup>	Hf <sup>72</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>	Ta <sup>73</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	W <sup>74</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	Re <sup>75</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	Os <sup>76</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	Ir <sup>77</sup> 5d <sup>9</sup> -	Pt <sup>78</sup> 5d <sup>9</sup> 6s	Au <sup>79</sup> 5d <sup>10</sup> 6s	Hg <sup>80</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	Tl <sup>81</sup> 6s <sup>2</sup> 6p	Pb <sup>82</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup>	Bi <sup>83</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup>	Po <sup>84</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup>	At <sup>85</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup>	Rn <sup>86</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup>
Fr <sup>87</sup> 7s	Ra <sup>88</sup> 7s <sup>2</sup>	Ac <sup>89</sup> 6d 7s <sup>2</sup>	Ce <sup>58</sup> 4f <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>	Pr <sup>59</sup> 4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	Nd <sup>60</sup> 4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	Pm <sup>61</sup> 4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	Sm <sup>62</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	Eu <sup>63</sup> 4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	Gd <sup>64</sup> 4f <sup>7</sup> 5d 6s <sup>2</sup>	Tb <sup>65</sup> 4f <sup>8</sup> 5d 6s <sup>2</sup>	Dy <sup>66</sup> 4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	Ho <sup>67</sup> 4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup>	Er <sup>68</sup> 4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup>	Tm <sup>69</sup> 4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup>	Yb <sup>70</sup> 4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup>	Lu <sup>71</sup> 4f <sup>14</sup> 5d 6s <sup>2</sup>	
			Th <sup>90</sup> - 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	Pa <sup>91</sup> 5f <sup>2</sup> 6d 7s <sup>2</sup>	U <sup>92</sup> 5f <sup>3</sup> 6d 7s <sup>2</sup>	Np <sup>93</sup> 5f <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup>	Pu <sup>94</sup> 5f <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup>	Am <sup>95</sup> 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	Cm <sup>96</sup> 5f <sup>7</sup> 6d 7s <sup>2</sup>	Bk <sup>97</sup>	Cf <sup>98</sup>	Es <sup>99</sup>	Fm <sup>100</sup>	Md <sup>101</sup>	No <sup>102</sup>	Lr <sup>103</sup>	

# さまざまな金属元素

- **Ia属**(アルカリ金属) Li, K, Na, Rb, Cs,
- **IIa属**(アルカリ土類金属) Be, Mg, Sr, Ba
- **Ib属**(貴金属) Cu, Ag, Au
- **IIb属**(亜鉛属) Zn, Cd, Hg
- **IIIb属** Al, Ga, In, Tl, **IV属** Pb
- **半金属** IV: Sn, V: Sb, Bi
- **遷移金属**
  - 3d遷移金属: Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn
  - 4d遷移金属: Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd
  - 5d遷移金属: La, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg
- **希土類**:
  - 4f: Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu
  - 5f: Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr

# Ia族(アルカリ金属)

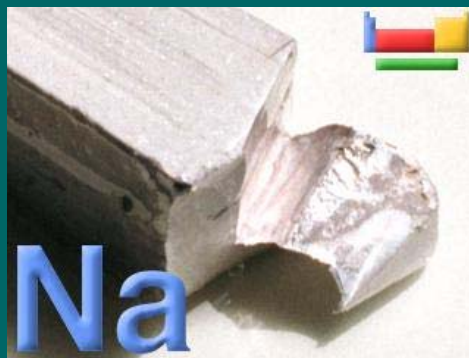
リチウム



Li



ナトリウム



Na



カリウム



K



ルビジウム



Rb



融点38.9°C

セシウム



Cs

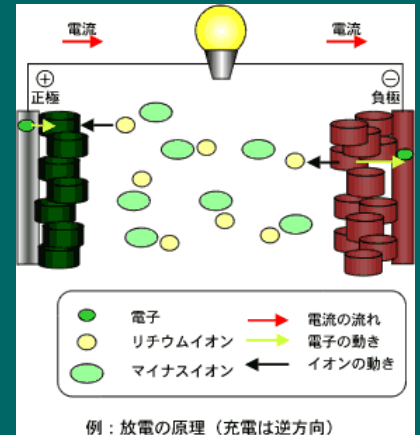


融点28.4°C

Li <sup>3</sup>
2s
Na <sup>11</sup>
3s
K <sup>19</sup>
4s
Rb <sup>37</sup>
5s
Cs <sup>55</sup>
6s

# アルカリ金属の用途

- Li(リチウム): Al, Mgと軽量合金、電池, グリース, ガラス, 医薬品等に使用
- Na(ナトリウム): 石けん(脂肪酸のナトリウム塩)、食卓塩(NaCl)、動物の代謝に必要(英語名sodium)
- K(カリウム): 植物の肥料、動物の代謝に必要(英語名potassium)
- Rb(ルビジウム):  $^{87}\text{Rb}$ は放射性( $\beta$ -崩壊): 岩石の年代決定に使用
- Cs(セシウム): 光電管の光電面、半導体表面をCsコートして光電子放出を助ける



<http://www.yuasa-jpn.co.jp/technology/01.html>



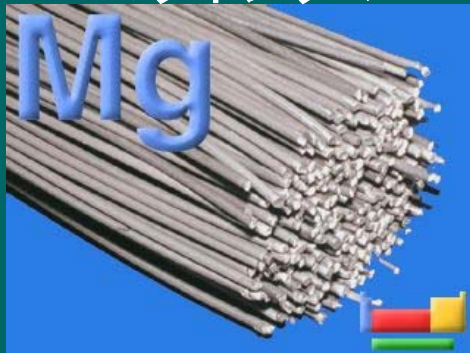


# Ia属金属(アルカリ土類)

ベリリウム



マグネシウム



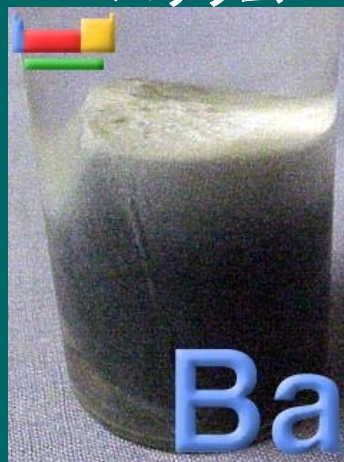
カルシウム



ストロンチウム



バリウム



ラジウム



$\text{Be}^4$

$2s^2$

$\text{Mg}^{12}$

$3s^2$

$\text{Ca}^{20}$

$4s^2$

$\text{Sr}^{38}$

$5s^2$

$\text{Ba}^{56}$

$6s^2$

$\text{Ra}^{88}$

$7s^2$

- WebElementsTM Periodic table (<http://www.webelements.com/>) より

# アルカリ土類の用途

- Be(ベリリウム): X線用窓剤、銅ベリ合金(高強度、耐食性)、宇宙航空用合金剤、緑柱石(ベリル $\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ )、**猛毒**
- Mg(マグネシウム): 軽量合金用元素(自動車、航空機、ノートパソコン筐体など)、にがり、医薬品
- Ca(カルシウム): 還元剤、高真空用ゲッター、炭酸塩(方解石)、硫酸塩(石膏)、蛍石(フッ化物)の構成元素、動物の栄養素、骨格、医薬品
- Sr(ストロンチウム): 花火、ブラウン管用ガラス、亜鉛の精製、光学材料( $\text{SrTiO}_3$ )
- Ba(バリウム): 硫酸塩はX線造影剤、炭酸塩は殺鼠剤、ガラスに使う、強誘電体材料( $\text{BaTiO}_3$ )
- Ra(ラジウム): 医療用放射線源、夜光塗料、**猛毒**



# 3d遷移元素

• WebElements™ Periodic table (<http://www.webelements.com/>) より

スカンジウム



チタン



バナジウム



クロム



マンガン



鉄



コバルト



ニッケル



銅

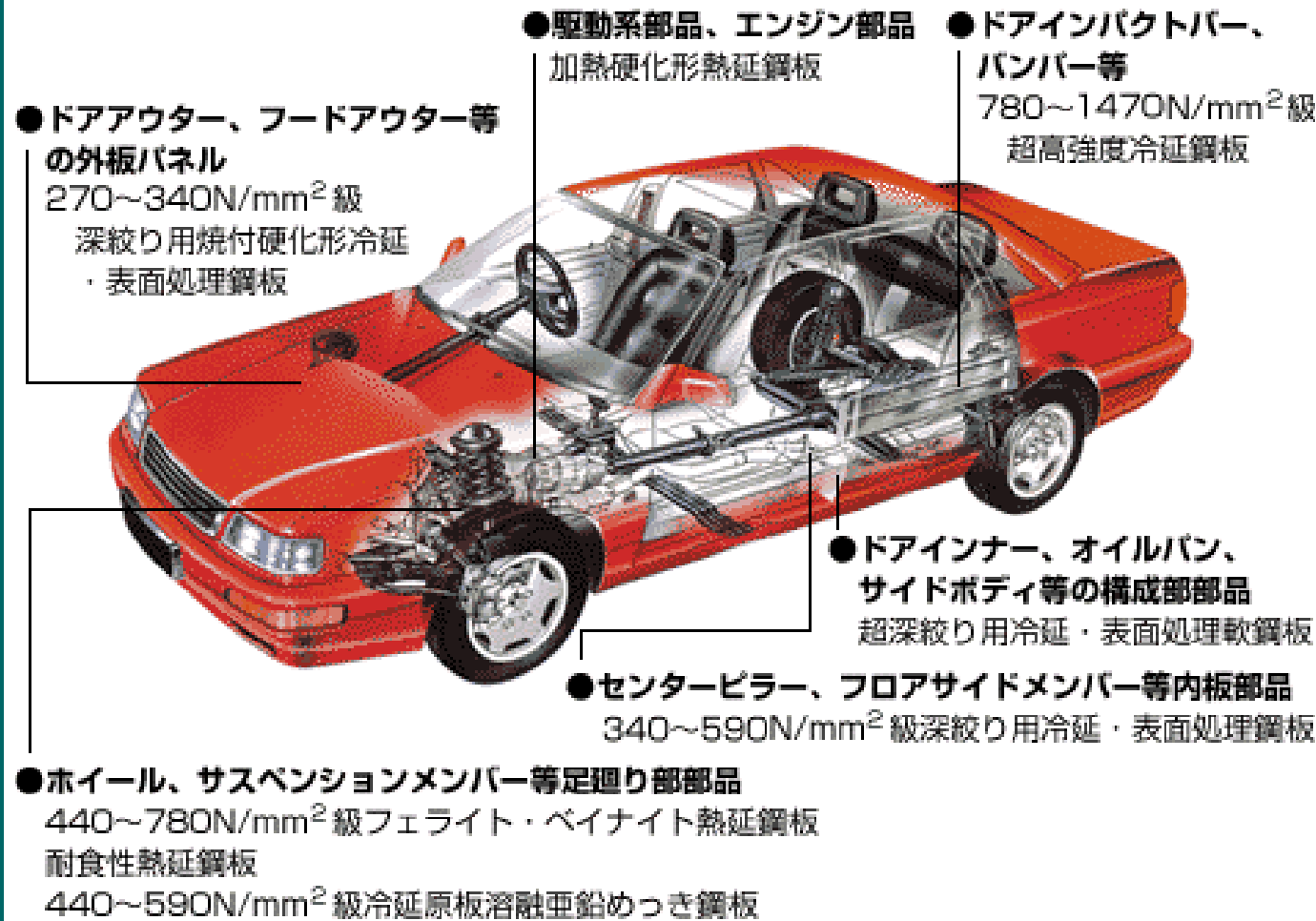


Sc <sup>21</sup>	Ti <sup>22</sup>	V <sup>23</sup>	Cr <sup>24</sup>	Mn <sup>25</sup>	Fe <sup>26</sup>	Co <sup>27</sup>	Ni <sup>28</sup>	Cu <sup>29</sup>	Zn <sup>30</sup>
3d	3d <sup>2</sup>	3d <sup>3</sup>	3d <sup>5</sup>	3d <sup>5</sup>	3d <sup>6</sup>	3d <sup>7</sup>	3d <sup>8</sup>	3d <sup>10</sup>	3d <sup>10</sup>
4s <sup>2</sup>	4s <sup>2</sup>	4s <sup>2</sup>	4s	4s <sup>2</sup>	4s <sup>2</sup>	4s <sup>2</sup>	4s <sup>2</sup>	4s	4s <sup>2</sup>

# 3d遷移金属の用途

- Sc(スカンジウム): メタルハライドランプ用発光気体
- Ti(チタン): 軽量高強度金属(航空機産業から眼鏡まで)、酸化物結晶は光学用途、酸化物薄膜は光触媒作用
- V(バナジウム): 原子炉材、超硬合金材、TiとFeの接着用、酸化物はセラミクス・触媒用途、超伝導用
- Cr(クロム): ステンレス用合金材、表面被覆材、緑色着色剤、酸化物は炉材・研磨剤用途
- Mn(マンガン): 磁性合金材、アメジスト色着色剤、酸化剤
- Fe(鉄): 炭素と合金化して鋼を形成、構造材、磁性合金材
- Co(コバルト): ステンレス用合金材、磁性合金材、磁気記録媒体材料、青色着色剤、 $^{60}\text{Co}$  はガンマ線源、表面被覆材、触媒
- Ni(ニッケル): ステンレス用合金材、磁性合金材、緑色発色剤、金属用保護メッキ材、触媒

# 自動車用鋼板



引っ張り強さ  
270N/mm<sup>2</sup>  
=270MPa

# 貴金属

銅



銀



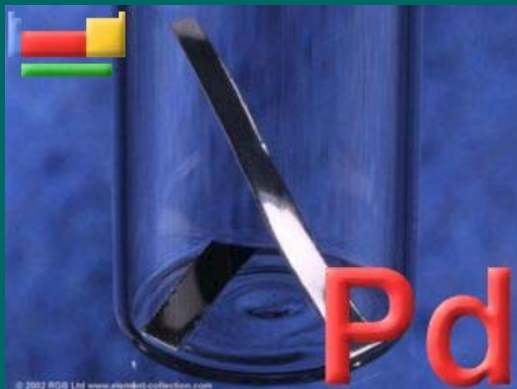
金



Ni <sup>28</sup> 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	Cu <sup>29</sup> 3d <sup>10</sup> 4s
Pd <sup>46</sup> 4d <sup>10</sup> -	Ag <sup>47</sup> 4d <sup>10</sup> 5s
Pt <sup>78</sup> 5d <sup>9</sup> 6s	Au <sup>79</sup> 5d <sup>10</sup> 6s

WebElements™ Periodic table  
(<http://www.webelements.com/>) より

パラジウム



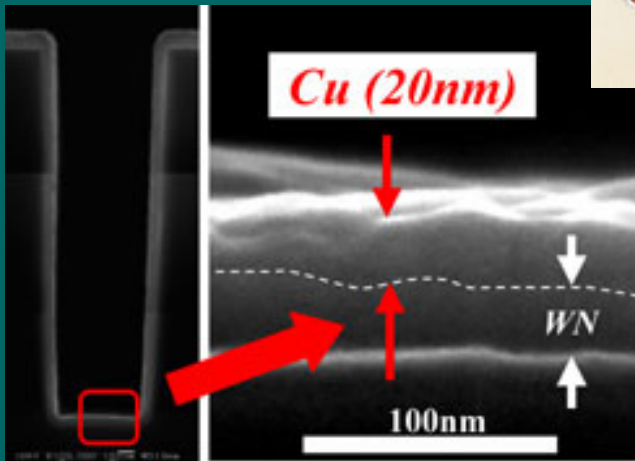
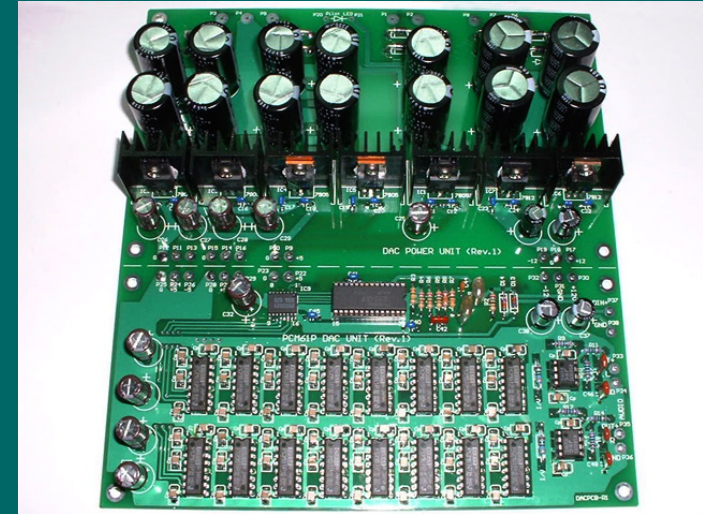
白金



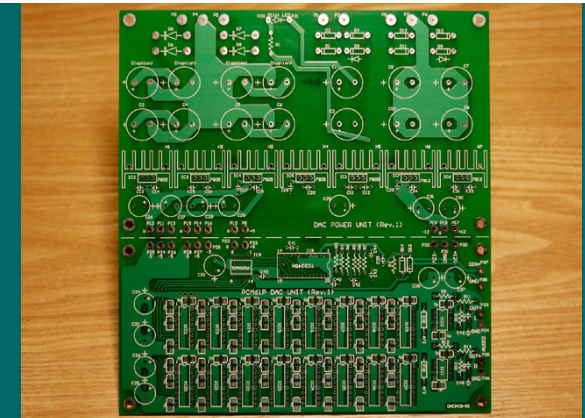
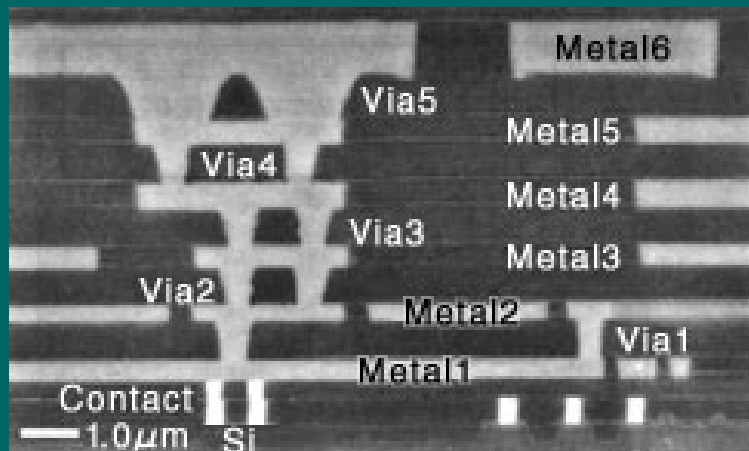


# Cuの用途

- 配線用金属



ナノメートルスケール



ミリメートルスケール

# IIb属、IIIb属金属

亜鉛



$[\text{Ar}].3d^{10}.4s^2$

カドミウム



$[\text{Kr}].4d^{10}.5s^2$

水銀



$[\text{Xe}].4f^{14}.5d^{10}.6s^2$  融点234.32



- WebElements™ Periodic table (<http://www.webelements.com/>) より

# Zn, Cdの用途

- Zn

金属: 乾電池, 屋根材, 鉄の錆止め材、軽量コイン、  
酸化物( $\text{ZnO}$ ): 塗料, ゴム製品, 化粧品, 医薬品, インク,  
プラスチック, 印刷用インク, 石けん, 衣料品.

- Cd

金属: 金属表面コーティング、低摩擦係数・低疲労耐性  
の半田や合金材、Ni-Cd電池材料  
硫化物: 蛍光体、光導電体、黄色顔料

# Hgの用途

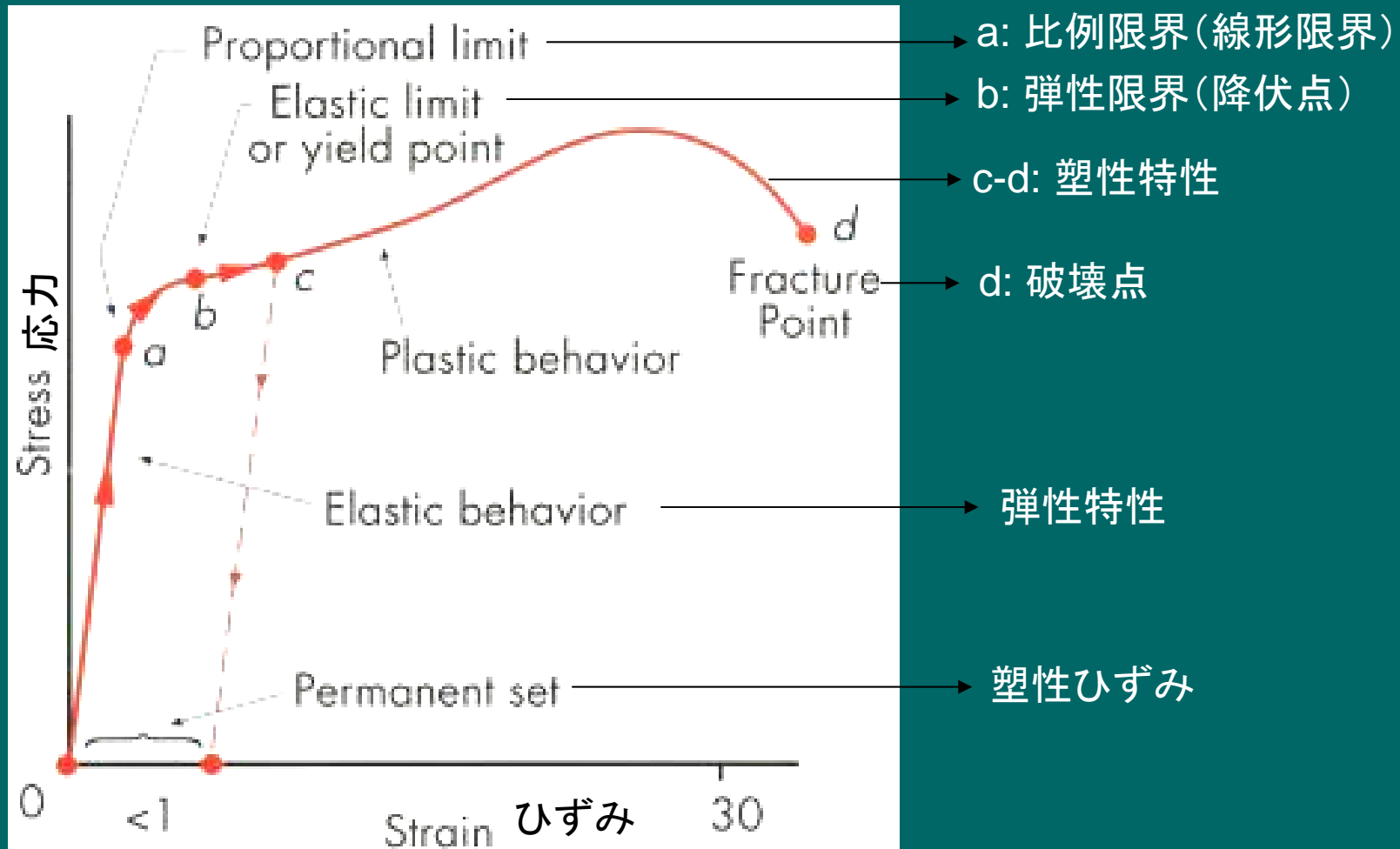
- 液体水銀：温度計，気圧計，拡散ポンプ，水銀スイッチ，液体電極，水銀電池
- 気体水銀：水銀灯，ネオンサイン，苛性ソーダ製造過程，殺虫剤、歯科用アマルガム剤



# 金属の機械的性質

- 金属は、弾性限界を超えた応力に対し永久歪みをともなって変形する。このような変形を**塑性**(plasticity)という。
- 弾性変形と塑性変形の境界点を降伏点という。
- 塑性には**展性** (malleability) と**延性**(ductility)がある。
  - 展性: 弾性限界を超えた応力によって物体が破壊されず箔に広げられる性質。
  - 延性: 弾性限界を超えた応力によって物体が破壊されず引き延ばされる性質。硬度の高いものほど延性が小さい。
- 脆性破壊(brittle fracture): 塑性変形を伴わず、割れの急速な進展によって破壊することである。劈開など。
- 疲労破壊(fatigue): 繰り返し応力が加わって破壊がおきる現象。軟らかい(硬度の低い)金属は疲労破壊を生じない。

# 応力-歪み曲線



# 展性(malleability)

- 金属塑性の1つ
- 弾性限界を超えた応力によって物体が破壊されず箔に広げられる性質。
- 金、アルミニウム、銅等は、この性質が大きい金属材料である。
- たとえば、1オンス(23.3 g)の金は、箔打ちによって、100平方フット(約9 m<sup>2</sup>)の箔に広げることができると、記述されています。(http://www.goldinstitute.org/facts/)

展：広げるの意味

# 金箔製造工程

かなざわカタニのHP <http://www.k-katani.com/kinpaku.html>



## 金合金

金箔四号色  
純金94.43%、  
純銀4.90%、  
純銅0.66%

金合金を带状に延ばし、約6cm角の小片「延べ金」にする

澄打紙に延べ金をのせ、約200枚ほど重ねその上下にそれぞれふるや紙を30枚ほど重ねて当て、それを袋革でおおい、打圧→延べ金が紙一杯に打ち延ばされる

「荒金」という16.8cm角の澄打紙に延びたものを一枚一枚移しかえます。これを約200枚重ね、ふるやを上下に当て、前と同様に紙一杯に打ち延ばす。

次に荒金を1/4に切り、約6cmの小片を18.3cmの澄打紙に入れ、打ち延ばす。出来上がったものを21.6cmの澄打紙に移しかえ、厚さ1,000分の3mmまで打ち延ばす。

化粧鋏で整形し澄打紙の「上り」に移しかえ叩く。(艶を消すため)これを「打上り澄」といい30枚重ねて20.1cm角の型を当てて折り曲げ、裁包丁で折目から切りできた物が上澄である



箔打紙の紙質の良否が製品の良否を左右する



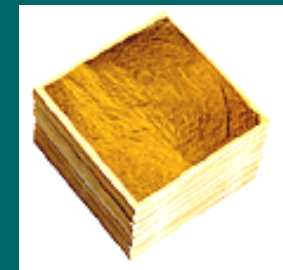
上澄(21cm角)を切り箸で11あるいは12の小片に切る。この上澄の小片を小間という。



小間打ち



製品として寸法を揃える

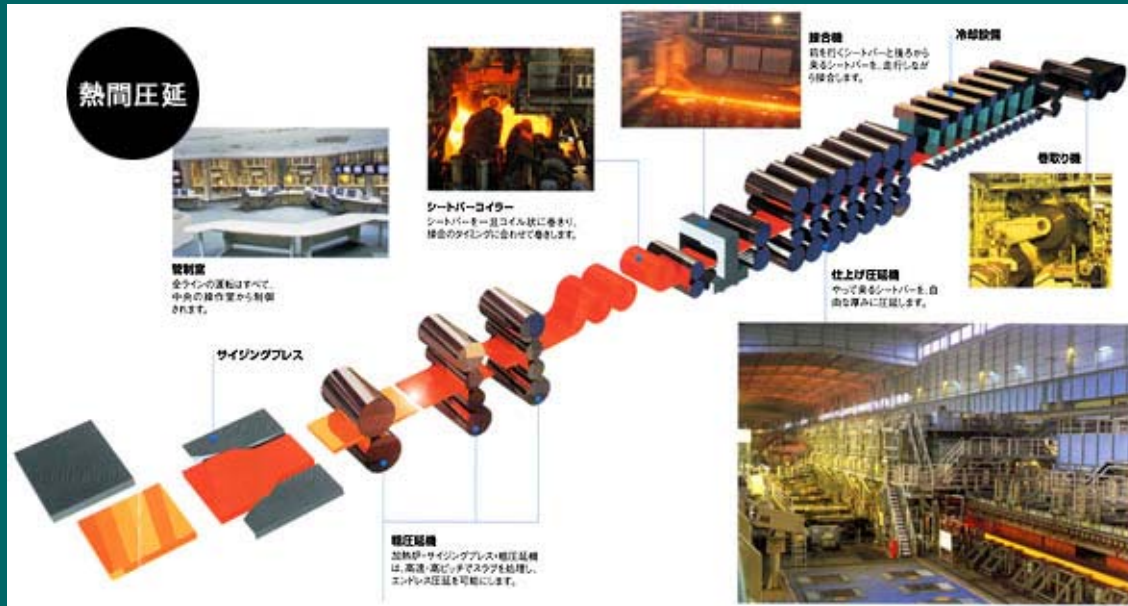


完成した金箔は10,000分の1~2mmという驚くべき薄さになっている

# 延性(ductility)

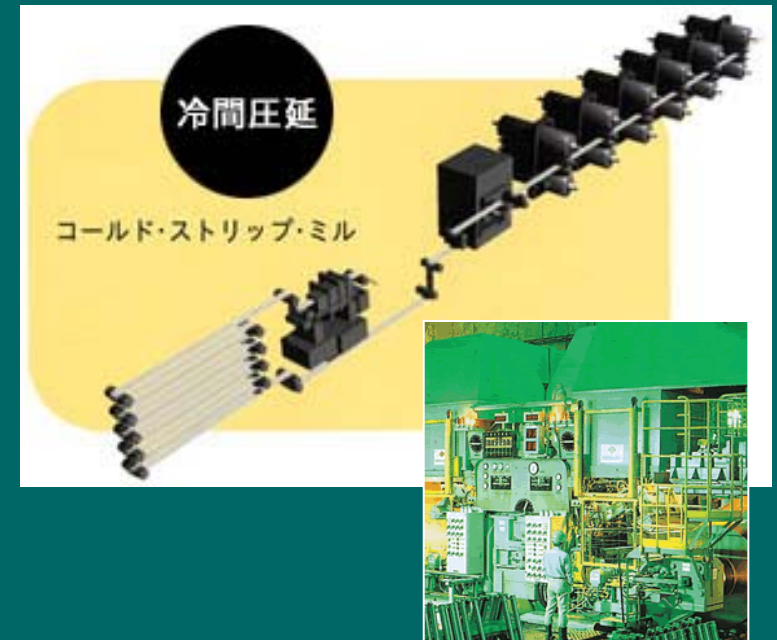
- 金属塑性の1つ
- 弾性限界を超えた応力によって物体が破壊されず引き延ばされる性質。金属の延性とは、金属材料を線や棒の様に細く、長く引き延ばす事の出来る性質を表す。
- 金、銀、白金、銅等は、金属材料中、最も延性に富む材料である。一般に、合金になると延性は減少する。また、硬度の高いものほど延性が小さい。
- 1オンス(28.3g)の金は、5マイル(約8 km)の長さまで引き延ばすことができると記述されている。

# 圧延



スラブを圧延機で延ばし、様々なタイプの製品に仕上げていきます。

熱間圧延工場で生まれた薄板を、最も薄いものは厚さ0.1mmにまで薄く美しく仕上げます。

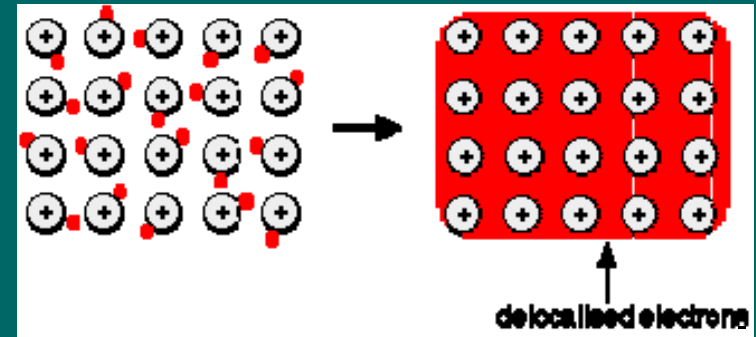


千葉県立産業科学博物館  
<http://www.cmsi.jp/16jfe/tetsu3.html>

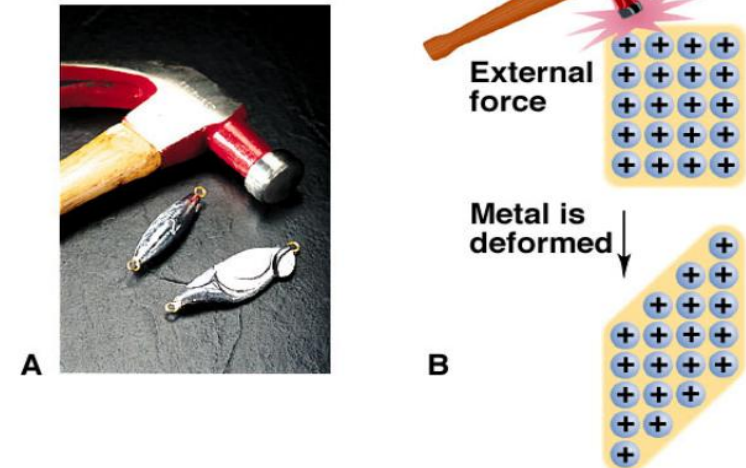


# 金属結合

- 金属においては、原子同士が接近して、外殻電子は互いに重なり合い、各軌道は2個の電子しか収容できないので膨大な数の分子軌道を形成する。
- 電子は、それらの分子軌道を自由に行き来し、もとの電子軌道から離れて結晶全体に広がる。(非局在化)
- 正の原子核と負の非局在電子の間には、強い引力が働き、金属の凝集が起きる。
- この状態を指して、「**電子の海に正の原子核が浮かんでいる**」と表現される。
- 金属が塑性変形できる原因は、この金属結合にあるといえる。



## The Reason Metals Deform



金属は叩くと変形する

# 遷移金属はなぜ硬い

- 金属結合は、原子の外殻電子のうちs,p電子が結晶全体に広がることによって全エネルギーが低下することが原因ですが、このことが通常金属(Na, Mg, Alなど)や貴金属(Cu, Ag, Au)の柔らかさをもたらします。
- 一方、Fe, Tiなど遷移金属の結合にはd電子が寄与しています。遷移金属では、原子あたりの電子数が多く、電子の海に供給する電子数が多いことが結合の強さをもたらし、高い融点と硬さをもたらしています。



# 第2回問題

- 元素の周期表において
  1. 上から下に行くに従って変わるのはどの量子数か
  2. 1つの行で左から右に行くに従って変わるのはどの量子数か
  3. 遷移金属における電子配置の特徴は何か。

# 次週の予告と予習のポイント

- 次週の予告
  - 金属の電気伝導・熱伝導
  - 金属の色：金はなぜ金ぴかか
    - 様々な光の色を3原色(赤、緑、青)で表すことができるのはなぜか。
    - 金属に外部から高周波電界の加わったとき、自由電子の運動方程式を立てよ。
    - 誘電率の実数部が負の値をとると、高い反射率となることを確かめよう。

参考書：機能材料のための量子工学第4章