

# 目次

## 第1章 ナノカーボンの世界 ★ 1

1.1 ナノカーボンの世界 ★ . . . . .	1
1.1.1 ナノメートルの大きさ ★ . . . . .	1
1.1.2 炭素は地球を循環する ★ . . . . .	2
1.1.3 鉛筆の芯からノーベル賞 ★ . . . . .	3
1.1.4 宇宙ヨットからタッチパネルまでの応用 ★ . . . . .	4
1.1.5 ナノカーボンの形と機能 ★ . . . . .	5
1.1.6 21世紀はカーボンの時代 ★ . . . . .	6
1.2 ナノテクの話 ★ . . . . .	6
1.2.1 見えない領域は未開拓だった ★ . . . . .	6
1.2.2 小さい方が有利 ★ . . . . .	7
1.2.3 ナノテクを実現するには? ★ . . . . .	8
1.2.4 ナノテクのかなめの半導体 ★★ . . . . .	9
1.2.5 もし炭素が半導体になったら? ★ . . . . .	10

## 第2章 ナノカーボンの発見 ★ 12

2.1 C <sub>60</sub> の発見 ★ . . . . .	12
2.1.1 星からのメッセージ ★ . . . . .	12
2.1.2 C <sub>60</sub> と亀の甲羅の丸い理由が同じ ★ . . . . .	14
2.1.3 オイラーの多面体定理 ★★ . . . . .	17
2.1.4 C <sub>60</sub> 発見後の展開 ★ . . . . .	17

2.2	カーボンナノチューブの発見★	20	4.3	ナノチューブの分離精製法★★★★	50
2.2.1	捨てられた電極★	20	4.4	アガロースジェルを用いたナノチューブ分離法★★★★	53
2.2.2	ナノチューブの丸め方★	21	4.5	果てしなき挑戦★★★★	55
2.2.3	ナノチューブ発見後の展開★	22			
2.3	グラフェンの発見★	23	<b>第5章 ナノカーボンの応用★</b>	<b>60</b>	
2.3.1	セロハンテープではがす★★	23	5.1	フラーレンの応用★	60
2.3.2	グラフェン発見の前の研究★	24	5.2	ナノチューブの応用★★	62
2.3.3	グラフェン発見後の展開★	25	5.3	グラフェンの応用★★	66
2.4	まとめ, 発見するとは?★	25	5.4	安全性とコスト, 課題と展望★★	67
2.4.1	発見の前に発見者あり: 必然的な流れ★	25			
2.4.2	発見の重要性を説明する: プレゼンが重要★	27	<b>第6章 ナノカーボンの電子状態★★★★</b>	<b>69</b>	
2.4.3	予想外の結果を考える: 好奇心が科学★	27	6.1	C <sub>60</sub> の分子軌道★★★★	69
2.4.4	巨人の肩に乗る★	28	6.1.1	原子軌道を用いた分子軌道★★★★	69
			6.1.2	広がった軌道を用いる方法☆☆☆	73
<b>第3章 ナノカーボンの形★</b>	<b>31</b>		6.2	グラフェンのエネルギーバンド★★★★	76
3.1	グラフェンは六方格子★	31	6.3	単層ナノチューブのエネルギーバンド☆☆☆	82
3.2	フラーレンの展開図★★	33	6.3.1	ナノチューブの状態密度とファンホープ特異性	85
3.3	ナノチューブの展開図★★	35			
3.3.1	ナノチューブの分類★★	37	<b>第7章 ディラックコーンの性質☆☆</b>	<b>88</b>	
3.3.2	並進ベクトル: $T$ ★★	38	7.1	ディラックコーン上の電子の質量は0☆☆	88
3.3.3	対称性ベクトル: $R$ ★★★★	39	7.2	ディラック点のエネルギーギャップは0☆☆	90
3.4	多層構造★★	40	7.3	ディラック電子は反磁性☆☆	92
3.4.1	グラフェンのAB積層★★	40	7.4	クライン・トンネル効果☆☆	95
3.4.2	多層ナノチューブ★★	42	7.5	後方散乱の消失☆☆☆	96
			7.6	ディラックコーン付近の波動関数(擬スピン)☆☆☆	98
<b>第4章 ナノカーボンの合成★★</b>	<b>45</b>		7.7	グラフェンの2つのディラックコーンとパレースピン☆☆	100
4.1	レーザーアブレーション法, 抵抗加熱法, アーク放電法★★	45	7.8	ナノチューブでのディラックコーン☆☆	102
4.1.1	すすからフラーレンの分離, クロマトグラフィー★★	46			
4.2	化学気相成長によるナノチューブ合成★★	48			

## 第8章 グラフェンとナノチューブのラマン分光☆☆ 105

8.1	ラマン分光とは☆☆	105
8.2	ナノカーボンのラマン分光☆☆	107
8.2.1	Gバンド☆☆	107
8.2.2	Dバンド☆☆	108
8.2.3	G'(2D)バンド☆☆	109
8.2.4	RBMバンド☆☆	110
8.3	共鳴ラマン分光☆☆☆	111
8.3.1	2つの共鳴条件☆☆☆	112
8.3.2	固体での共鳴ラマン散乱☆☆☆	113
8.3.3	2重共鳴ラマン散乱☆☆☆	114
8.4	ラマン分光の使い方☆☆	116
8.4.1	ナノチューブの構造の決定☆☆	116
8.4.2	グラフェンのラマン分光☆☆☆	118

## 第9章 未来への課題★★ 123

9.1	科学の成果のもつ意味★	123
9.2	炭素を研究する分野の合流と分化★	124
9.2.1	炭素材料と化学★	125
9.2.2	ナノカーボンと固体物理学☆	127
9.2.3	固体物理から他の分野へ展開☆	128
9.3	ナノチューブ・グラフェンでのディラック粒子★★★	129
9.3.1	クライントンネリングの特殊性☆☆	131
9.3.2	擬スピンを操作する☆☆☆	132
9.3.3	プラズモニクス☆☆☆	133
9.4	オールカーボンデバイス(すべて炭素でできた集積回路)★★	135
9.5	ナノチューブでできた太陽電池, 発光デバイス★★★	137
9.6	原子層のサンドイッチ★★	139
9.7	未来に展開する問題★★	141

9.7.1	宇宙エレベーター★★	141
9.7.2	すべて炭素でできたパソコン★★	143
9.7.3	室温での量子現象★★★	145

## 参考図書 149

## 参考文献 155