

目 次

I. 超高压の発生

1. 静的超高压の発生	箕 村 茂
1.1 はじめに	1
1.2 ピストン・シリンダー方式	3
1.2.1 単動液圧プレスによる増圧機	3
1.2.2 複動液圧プレスによる増圧機	6
1.2.3 クランプセル	8
1.3 対向アンビル方式.....	10
1.3.1 ブリッジマンアンビル装置	11
1.3.2 支持テーパーアンビル装置	11
1.3.3 ダイヤモンドアンビル装置	12
1.4 ベルト方式	16

1.5 マルチアンビル方式	18
1.5.1 直接液圧荷重型高圧装置	19
1.5.2 独立液圧ラム型高圧装置	20
1.5.3 円錐ウェッジ型高圧装置	20
文 献	23

2. 動的超高圧の発生

庄野安彦・澤岡 昭

2.1 衝撃波実験の理論的背景	27
2.1.1 はじめに	27
2.1.2 平面衝撃波と保存則	29
2.1.3 多重衝撃波	33
2.2 衝撃波の発生法	34
2.2.1 平面衝撃波の発生	34
2.2.2 衝撃銃法	36
A. 一段式火薬銃...(36)/ B. 二段式軽ガス銃...(38)	
2.2.3 爆薬法	41
A. 爆薬の物理的性質...(41)/ B. 爆薬を用いた平面衝撃波発生装置...(43)/ C. 飛行板法...(45)/ D. 平面でない衝撃波...(46)	
2.2.4 電磁式加速法	47
2.3 他の動的超高圧発生法	49
文 献	52

II. 超高圧の基礎技術

3. 超高圧装置の材料

植田文洋・川田 薫

3.1 はじめに	55
3.2 材料特性一般	56
3.2.1 弾性破損の条件	56

3・2・2	材料の評価試験法	57
	A. 引張り, 圧縮, 曲げ特性…(57)/ B. 硬さ…(59)/ C. 疲れ…(59)/	
	D. 靱性…(59)/ E. 単位の換算…(61)	
3・3	超硬合金	62
3・4	鉄鋼材料	70
3・4・1	超強力鋼	70
	A. 超強力鋼の分類…(70)/ B. AISI 4340…(72)/ C. H11 mod と	
	H13…(74)/ D. マルエージング鋼…(76)	
3・4・2	構造用低合金鋼	78
3・4・3	工具鋼	87
3・5	まとめ	87
	文献	88

4. 超高圧装置の設計と支持原理

箕村 茂・辻 和彦

4・1	材料の機械的性質	91
4・1・1	応力とひずみ	91
4・1・2	材料の強さに関する諸学説	92
	A. 最大主応力説…(92)/ B. 最大主ひずみ説…(92)/ C. 最大剪断	
	応力説…(93)/ D. 最大ひずみエネルギー説…(93)/ E. 最大剪断ひず	
	みエネルギー説…(94)	
4・2	中空円筒の応力とひずみ	94
4・2・1	薄肉中空円筒	94
4・2・2	厚肉中空円筒	94
4・2・3	厚肉中空円筒の強化	95
	A. 焼ばめ多層中空円筒…(95)/ B. 線巻中空円筒…(98)/ C. 自緊中	
	空円筒…(99)	
4・3	超高圧装置の支持原理	100
4・3・1	二段圧縮の原理	100
4・3・2	質量支持の原理	102
4・3・3	不支持面積の原理	102

4.3.4 分解応力による側面支持の原理	102
文 献	103

5. 超高圧装置の封止技術

箕村 茂・川田 薫

5.1 ピストン・シリンダー装置	105
5.2 対向アンビル装置	107
5.3 ベルト装置	107
5.4 配 管	108
5.4.1 配管備品	108
A. チューブ...(108)/ B. バルブ...(109)/ C. 継手...(110)	
5.4.2 cone-in-cone による配管	111
文 献	112

6. 超高圧装置の破壊実験

吉 川 昌 範

6.1 円錐形アンビル	114
6.1.1 工具鋼アンビル	114
6.1.2 超硬合金アンビル	117
6.2 ピストン	119
6.2.1 工具鋼ピストン	119
6.2.2 超硬合金ピストン	122
6.3 シリンダー	127
6.3.1 厚肉シリンダー	127
6.3.2 組合わせシリンダー	130
6.3.3 線巻きシリンダー	131
文 献	133

7. 圧力媒体

箕 村 茂

7.1 はじめに	135
7.2 気体媒体	136

7.3	液体媒体	140
7.4	固体媒体	141
7.4.1	固化流体	142
7.4.2	金属	145
7.4.3	イオン結晶	146
	文献.....	147
8.	圧力測定	
		箕村 茂
8.1	はじめに	149
8.2	圧力定点	150
8.3	固体の状態方程式.....	153
8.4	圧力と温度の測定.....	157
	文献.....	159
9.	基礎実験技術	161
9.1	ピストン・シリンダー	
		川田 薫
9.1.1	ピストン・シリンダー破壊対策	162
9.1.2	圧力分布	164
9.1.3	温度分布	165
9.1.4	測温法	166
9.2	対向アンビル	
		川田 薫・竹村謙一・酒井ノブ子
9.2.1	ブリッジマンアンビル	167
	A. 実験前の注意...(167)/ B. 圧力・温度分布...(168)/ C. 測温法...(169)/ D. 部品加工...(170)	
9.2.2	ドリッカーマーアンビル	171
	A. はじめに...(171)/ B. 装置とサンプリング...(171)/ C. 圧力発生法...(173)/ D. 温度測定...(177)	
9.2.3	ダイヤモンドアンビル	178
	A. はじめに...(178)/ B. 原理と装置...(179)/ C. ダイヤモンド...(182)/ D. ガasket...(183)/ E. サンプリングと圧力発生技術...	

	(183)/ F. ルビーによる圧力測定…(187)/ G. 実験例…(188)/	
	H. おわりに…(190)	
	文 献……………	191
9・3	多面体アンビル	小野寺昭史・川田 薫
9・3・1	はじめに ……	192
9・3・2	プレス ……	193
	A. プレス能力…(193)/ B. プレスの大きさ・構造…(194)	
9・3・3	駆動部 ……	194
	A. 分類…(195)/ B. ゴム殻構造…(195)/ C. 剛体接触構造…(197)/	
	D. 掘込み構造…(199)/ E. キュービックプレスの転用…(200)/ F.	
	収縮の模様…(201)/ G. 強度チェック…(201)	
9・3・4	アンビル ……	202
	A. 多段積層…(202)/ B. アンビルの材料…(202)/ C. 形状および	
	寸法…(205)/ D. 加工…(207)	
9・3・5	ガスケット ……	208
	A. 機能…(208)/ B. 材料と構成…(209)	
9・3・6	圧力媒体 ……	209
	A. 機能…(209)/ B. 材料…(211)/ C. 加工…(213)/ D. 試料構	
	成…(214)	
9・3・7	むすび ……	216
	文 献……………	216
9・4	衝撃波発生装置	庄野安彦・後藤恒昭
9・4・1	衝撃銃の設計と製作 ……	217
	A. 一段式火薬銃…(217)/ B. 二段式軽ガス銃…(220)/ C. 衝撃銃法	
	における測定系システム…(224)	
9・4・2	爆薬レンズの設計と製作 ……	230
	文 献……………	232

Ⅲ. 超高圧下の物性測定

10. 電気的測定

箕村 茂・辻 和彦・岡本哲彦

10.1	はじめに	233
10.2	電気的測定セル	234
10.2.1	単純容器型セル	234
10.2.2	ピストン・シリンダー型セル	236
10.2.3	対向アンビル型セル	238
10.2.4	ベルト型セル	241
10.2.5	多面体アンビル型セル	243
10.3	電流磁場効果の測定	244
10.3.1	電気伝導度, ホール定数, 磁気抵抗	244
10.3.2	熱起電力	247
10.3.3	ド・ハース-ファン・アルフェン効果	248
10.4	固体の圧縮率の測定	249
10.4.1	紙抵抗ひずみ計による線圧縮率の測定方法	250
10.4.2	抵抗線を利用した圧縮率測定計	253
10.4.3	抵抗線の線圧縮率の絶対測定	256
	文献	257

11. 磁氣的測定

藤原 浩・門松秀興

11.1	はじめに	261
11.2	磁化または磁化率の測定	262
11.2.1	全般についての留意事項	262
11.2.2	磁場変化法	264
11.2.3	変位法	271
11.2.4	試料振動型	278
11.2.5	コイル振動型	279

11・2・6	ファラデー法	280
11・2・7	相互誘導法	283
11・2・8	その他	286
11・2・9	高圧下の磁化測定 of 歴史	287
11・3	結晶磁気異方性の測定	288
11・4	磁気変態点の測定	290
11・4・1	はじめに	290
11・4・2	T_c の決定法	291
11・4・3	磁気変態点測定用の圧力容器, 試料室	292
	A. ピストン・シリンダー方式…(292)/ B. 対向アンビル…(297)/	
	C. キュービックアンビル…(298)/ D. ベルト型…(298)/ E. ダイヤ モンドアンビル…(300)/ F. 一軸性応力下の磁気変態点…(300)	
11・4・4	磁気変態点の圧力効果の歴史	302
11・5	中性子回折	302
11・6	電子論的解析	303
11・6・1	分子場近似	303
11・6・2	遍歴電子モデルまたはバンドモデル	304
11・6・3	間接交換相互作用と結晶場によるモデル	304
	文 献	305

12. 光学実験

箕 村 茂

12・1	はじめに	311
12・2	高圧光学セル	312
12・2・1	Poulter 型光学セル	312
12・2・2	Drickamer 型光学セル	313
12・2・3	ダイヤモンドアンビルセル	314
12・3	高圧低温セル	316
12・4	高圧高温セル	318
12・5	光学測定系	319
12・5・1	顕微分光法	319

12・5・2	ラマン散乱	320
12・5・3	ブリルアン散乱	321
	文献	322
13.	超高圧下の X 線回折実験法	325
13・1	超高圧下の X 線回折	岩崎博
13・1・1	高圧 X 線回折実験の意義	325
13・1・2	実験装置の基本的構成	327
13・1・3	多面体アンビル型装置	328
13・1・4	対向アンビル型装置	330
13・1・5	X 線源	332
13・1・6	X 線検出部	334
13・1・7	圧力測定法	336
13・1・8	高温・高圧 X 線回折実験	337
13・1・9	単結晶試料による回折実験	338
13・1・10	格子定数の測定	340
13・1・11	Bragg 反射強度の測定	341
	文献	342
13・2	低温超高圧下の X 線回折	三井惟靖
13・2・1	はじめに	344
13・2・2	クランプ式高圧容器を用いた X 線回折	345
	A. 77 K 以上の温度領域用装置…(345) / B. 圧力セルの作製ならびに試料作製の方法と加圧操作…(346) / C. 4.2 K 付近の温度領域用装置…(347)	
13・2・3	低温領域における圧力尺度の補正	349
13・2・4	可変式高圧発生装置による X 線回折	351
	文献	352
14.	核磁気共鳴実験	中村末男・櫛田利基
14・1	核磁気共鳴とパウリ帯磁率	353

14.1.1	ナイトシフト, パウリ帯磁率の圧力変化.....	353
	A. シューマッカー-スリクターの方法...(356)/ B. デイシフトを用いる方法...(356)/ C. ヘクト-レッドフィールドの方法...(356)/ D. ド・ハース-ファン・アルフェン効果の精密測定...(356)	
14.1.2	ナイトシフトの圧力変化の測定.....	358
14.1.3	パウリ帯磁率の圧力変化の測定.....	365
14.2	常磁性体.....	372
14.2.1	帯磁率の圧力変化の物理的考察.....	372
14.2.2	簡単な金属のナイトシフトの圧力変化.....	376
14.2.3	複雑な金属のナイトシフトの圧力変化.....	379
14.3	強磁性体および反強磁性体.....	381
14.3.1	強磁性体内の核磁気共鳴.....	381
14.3.2	反強磁性体内の核磁気共鳴.....	383
14.4	核四重極共鳴と圧力.....	387
14.4.1	はじめに.....	387
14.4.2	ν_Q の温度依存.....	388
14.4.3	慣性能率 Θ と固有振動数 ω	391
14.5	化学シフトと圧力.....	392
14.5.1	はじめに.....	392
14.5.2	化学シフトの理論.....	394
14.5.3	理論と実験との比較.....	396
14.5.4	軌道の重なりに関係する他の現象.....	399
	文献.....	401
15.	超高圧低温実験.....	407
15.1	高圧低温実験 I 藤井源四郎・永野 弘・箕村 茂	
15.1.1	はじめに.....	407
15.1.2	起高圧低温技術.....	408
	A. 装置材料...(408)/ B. 低温用圧力媒体...(408)/ C. 圧力計...(413)/ D. 高圧発生技術...(415)	

15・1・3	超伝導	422
	A. 超伝導転移温度に関する理論的検討…(423)/ B. 実験…(424)	
15・1・4	輸送現象	432
	A. ド・ハース-ファン・アルフェン効果…(432)/ B. 磁気抵抗・ホール係数…(435)/ C. 電気抵抗…(437)	
15・1・5	1 K 以下の高圧実験	440
15・1・6	おわりに	444
	文献	444
15・2	高圧低温実験Ⅱ	毛利信男
15・2・1	テフロンセル法	448
15・2・2	高圧用クライオスタット	450
15・2・3	電気抵抗の測定	452
15・2・4	ストレインゲージによる熱膨張異常の測定	455
15・2・5	パルス磁場による磁化測定	456
	文献	459
16.	超音波実験	藤沢英幸・木下 肇
16・1	はじめに	461
16・2	高圧下での超音波速度測定の実際	463
16・3	技術的問題点	473
16・3・1	超音波の発生	473
	A. 超音波振動子…(473)/ B. 焼結体振動子の使用可能圧力領域…(474)/ C. ニオブ酸リチウム…(474)/ D. 電気石…(475)	
16・3・2	試料の大きさ	475
	A. 波長の短い音波の利用…(475)/ B. 波長と粒径…(476)	
16・3・3	微小試料使用上の注意	476
	A. 一般的注意…(476)/ B. 観測波の位相のズレ…(477)/ C. 境界での位相の反転…(477)/ D. まぎらわしい反射波…(478)	
16・4	振動子や試料の形の影響	478
16・5	測定の実際と問題点	479

16・5・1	振動子の加工法	479
16・5・2	試料の組立上の注意	480
16・5・3	試料の長さの補正法	481
16・5・4	総合的な測定精度の要因	482
16・6	その他	482
16・6・1	弾性波速度の周波数依存性	482
16・6・2	高圧下の測定に応用される超音波測定法	482
	文献	483

17. 衝撃波実験

庄野安彦・後藤恒昭・近藤建一・澤岡 昭

17・1	はじめに	485
17・2	光学的測定法	486
17・2・1	流し撮りカメラと光源	486
17・2・2	衝撃波速度および自由表面速度の測定法	492
	A. 流し撮り写真法…(492)/ B. レーザー干渉法…(497)	
17・2・3	分光測光法	502
	A. 光吸収スペクトルの測定法…(502)/ B. 衝撃発光スペクトルの測定法…(505)	
17・3	電氣的測定法	508
17・3・1	測定機器	508
17・3・2	ピン接触法	509
17・3・3	物質内ゲージによる測定	511
	A. 粒子速度測定法…(511)/ B. 圧力ゲージによる測定…(513)	
17・3・4	物性測定	515
	A. 電気伝導度の測定法…(515)/ B. 衝撃誘起起電力…(517)/ C. その他の電磁氣的測定法…(519)	
17・4	X線測定法	519
	文献	522

IV. 超高压下の物質合成

18. ダイヤモンドと立方晶窒化ほう素の合成	若槻雅男
18・1 はじめに	527
18・2 ダイヤモンドの合成	529
18・2・1 熱力学的安定性	529
18・2・2 生成反応の起生	533
18・2・3 融剤法による合成	534
A. 試料構成…(534)/ B. 実験操作…(535)/ C. 融剤および反応機構…(537)	
18・2・4 合成過程の制御 (良質な結晶の育成)	546
A. 核形成過程…(546)/ B. 種子結晶の成長…(555)	
18・2・5 合成ダイヤモンドの評価	558
A. 含有される不純物…(558)/ B. 窒素の含有と特性の変化…(559)/ C. ほう素の含有…(562)/ D. 包有物…(562)/ E. ダイヤモンドのエッチングとトライゴン…(564)	
18・2・6 直接変換による合成	566
A. 立方晶ダイヤモンドへの直接変換…(566)/ B. 六方晶ダイヤモンドへの固相間相転移…(568)	
18・3 高密度相窒化ほう素の合成	570
18・3・1 高密度相窒化ほう素	570
18・3・2 融剤法	571
A. 始発原料…(571)/ B. 融剤および晶出機構…(572)	
18・3・3 直接変換	575
A. 立方晶型窒化ほう素への直接変換…(575)/ B. ウルツ鉱型窒化ほう素への直接変換…(576)	
文献	578

19. ダイヤモンドと立方晶窒化ほう素の焼結	福 長 脩
19.1 はじめに	583
19.2 焼結ダイヤモンド, 焼結窒化ほう素の開発経過	584
19.3 焼結体の製造技術	586
19.3.1 超高压装置.....	586
19.3.2 焼結用試料構成.....	588
19.3.3 圧力および温度制御.....	589
19.3.4 試料調整.....	589
19.4 ダイヤモンドの焼結過程.....	590
文 献.....	593
20. けい酸塩の合成	伊藤英司・川田 薫
20.1 はじめに.....	595
20.2 高压装置と試料の加熱	596
20.3 試料凍結法と相転移の検出.....	600
20.4 出発物質.....	602
20.5 けい酸塩の高压相転移	605
20.5.1 SiO ₂ の相転移	606
20.5.2 オルソけい酸塩, M ₂ SiO ₄ の相転移	607
A. オリビン-スピネル転移およびその他の転移...(607)/ B. ポストスピネル転移...(609)	
20.5.3 メタけい酸塩, MSiO ₃ の相転移.....	609
A. γ(β) 相とスティショバイトへの分解...(609)/ B. MSiO ₃ 組成の高压相...(612)	
20.6 おわりに.....	613
文 献.....	613
21. 熱間静水圧合成	島 田 昌 彦
21.1 熱間静水圧焼結法とは	615

21・2	HIP 装置の概要	616
21・3	HIP 装置の問題点	620
21・4	HIP 法の今後の動向	621
	文献	624

V. 超高圧下の物性データ

22. 圧力-温度状態図

金子武次郎・阿部峻也・吉田 肇

22・1	はしがき	625
22・2	水 素	628
22・3	0 族, 希ガス	630
22・4	I 族, アルカリ金属	634
22・5	II 族, アルカリ土類金属	648
22・6	III 族	653
	22・6・1 B, Al, Sc, Y, その他	653
	22・6・2 ランタノイド	657
	22・6・3 アクチノイド	671
22・7	遷移金属	674
	22・7・1 VA 族	674
	22・7・2 VA 族	677
	22・7・3 VIA 族	683
	22・7・4 VIIA 族	685
	22・7・5 VIII 族	688
	22・7・6 IB 族	698
	22・7・7 IIB 族	706
22・8	IIIB 族	716
22・9	IVB 族	724
22・10	VB 族	738
22・11	VIB 族	753
22・12	VIB 族	757

23. 圧縮率と相転移

箕村 茂・辻 和彦

23・1 圧縮率..... 759

23・2 相転移..... 774

 文 献..... 777

事項索引 779

物質索引 787

