

# コージェネレーションシステムの現状と展望

## Present Status and Future Trend of Cogeneration Systems in Japan

垣 田 行 雄\*

Yukio Kakita

### 1. コージェネレーションシステムの定義と特長

コージェネレーションシステムとは二種類以上の有効な二次エネルギーを同時に発生させ、需要に供するシステムである。通常この有効な二次エネルギーとしては電気と熱または軸動力と熱とを指す。我国では、「熱電併給システム」、「熱動力併給システム」と呼ばれるシステムであるが狭義には前者のみを考える場合もある。米語では Cogeneration System と記すが、欧州では CHP (Combined System with Heat and Power) と称されている。

電気・動力を熱エネルギーから得ようとする時、熱機関を動かす作動流体の熱機関への入口温度が高くないと効率よく得られない事は熱力学の第二法則〔熱機関を動かす作動流体の熱機関への入口温度を  $T_1$  (°K) とし、作動流体の熱機関から外部への出口温度を  $T_2$  (°K) とすると、熱機関の効率  $\eta$  はカルノーサイクル (Carnot cycle) の効率  $\eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$  を越える事は出来ない〕の示す処であり、熱エネルギーを用いる場合、電気・動力を効率よく発生させ得る温度の高いエネルギーを質の高いエネルギーと呼ぶ。一方暖房や給湯に必要な  $50 \sim 100^\circ\text{C}$  のように温度が低く、電気・動力を得るには効率の悪い温度レベルのエネルギーを質の低いエネルギーと呼ぶ。

熱機関の作動流体は一般には大気に放出されるため、ここでは  $T_2$  (°K) を大気の平均的溫度  $15^\circ\text{C}$  として、 $T_1$  (°K) により  $\eta_c$  が如何に変化するかを示すと次のとおりである。

$T_1 = 50^\circ\text{C}$	$\eta_c = 0.11$
100	0.23
200	0.39
300	0.50

\* (財)日本システム開発研究所 常務理事

〒105 東京都港区虎ノ門5-3-20 森ビル仙石山アネックス

600	0.67
800	0.73
1000	0.77
1500	0.84

このように、 $T_1$  (°K) の差による  $\eta_c$  の違いの大きさを十分理解する必要がある。実際の熱機関では、

- (1) カルノーサイクルは実現し得ない
- (2) 摩擦損失、作動流体の漏れ

などの原因から、技術の進歩した今日でも  $\eta$  は  $\eta_c$  のほぼ半分程度である。

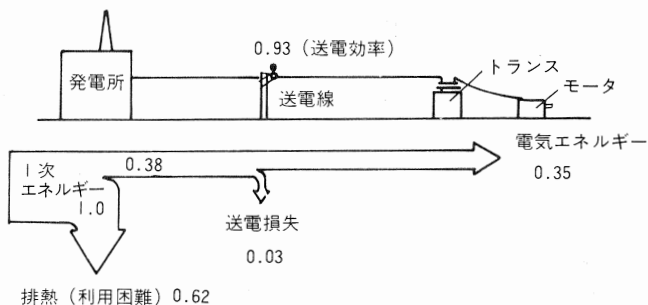
石油・天然ガスなどの一次エネルギーを燃焼させると千数百度の高い温度の熱エネルギーが得られるが、このエネルギーのうち、質の高い部分のみを電気・動力に変換し、質の低い処は大気または海・河川等に廃棄することはエネルギーの有効利用の観点からみると利用度が低いと言わざるを得ない。一方暖房・給湯のように  $50 \sim 100^\circ\text{C}$  もあれば十分な二次エネルギーのために千数百度の質の高いエネルギーを用いる事はエネルギーの賢い使い方ではない。

燃焼エネルギーを用いる場合に、温度の高い処すなわち質の高いエネルギーはまず電気・動力に変換し、その後、質の低くなったエネルギーをプロセス用・給湯・暖冷房用に用い一次エネルギーを質の高い処から低い処まで使い尽すという、エネルギーの賢い使い方・エネルギーの有効な使い方をするシステムがコージェネレーションシステムである(図-1参照)。

### 2. 今なぜコージェネレーションか

コージェネレーションシステムは、製鉄業・製紙業などの電気需要・熱需要の大きな製造業で蒸気タービンの中核として既に古くから採用されているシステムであるが、最近ホテル・病院・スポーツセンターなどの民生用建物での採用例が増えている。民生用建物のエネルギー供給設備としてコージェネレーションシ

a) 従来システム



b) コージェネレーションシステム

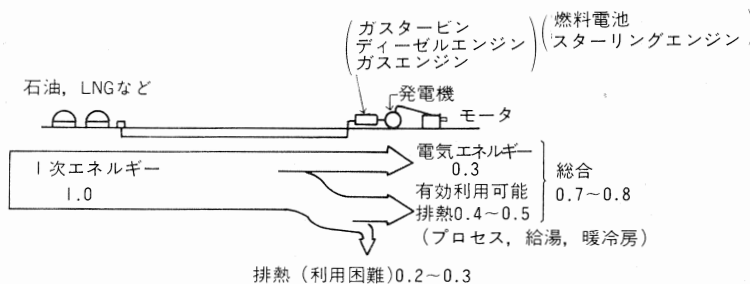


図-1 コージェネレーションシステムの特長

テムが注目されている時代的背景を列記すると次のとおりである<sup>1)</sup>。

- (1) 昭和48年末の第1次石油危機を契機とする省エネルギー努力の飽和とその打開。

民生用建物における省エネルギー努力は、

- ① 冷暖房温度の適正管理，空調機器熱交換部の清掃，不要な照明の消灯，照明器具の清掃，エレベーター稼働台数の制限などの手軽なエネルギー管理の徹底。
- ② 省エネルギー型空調機器の採用，配管の保温，建物の断熱，省エネルギー型動力機器・照明器具の採用，ダイヤモンドコントロール方式の採用などの設備の改善。

を中心に行われて来た。これらは、いずれも「電気は電気」、「熱は熱」の別々の場面で検討され、今や各々の場面での省エネルギー化は頭打ちの状況にある、今後更に省エネルギー化を図ろうとすれば「電気と熱とを合わせてエネルギーとして総合的に考える」方向が必要とされている。

- (2) 機器性能の向上

民生用コージェネレーションに用いられる各種原動機（ガスタービン・ガスエンジン・ディーゼルエンジンなど）、吸収式冷凍機、ヒートポンプな

どの効率・信頼性が飛躍的に向上し、こうした機器の運転に対する拒否感がなくなって来た。

- (3) 制御技術の向上

民生用コージェネレーションに用いる各種機器を電気・熱需要に上手に対応させて運転するに不可欠な制御技術が、マイクロプロセッサの高度化、低廉化に起因して向上し、運転管理が容易になって来た。

- (4) 新エネルギー変換技術の向上

燃料電池、スターリングエンジンなどコージェネレーションの中核機器として用いる事により、既存のエネルギー供給システムに比べて、より大きな効果を発揮するシステムの開発が進み、将来のエネルギー供給のあり方を示唆している。

- (5) コージェネレーションに関するフィージビリティスタディの多角的実施<sup>1~6)</sup>。

各種原動機、各種民生用建物を対象としたコージェネレーションシステムのフィージビリティに関する調査が、原動機の特長、電気・熱需要の特性をふまえて各方面で実施され、電気・熱需要のパターンが原動機出力と排熱の量的比率に近いものや、排熱量に比べて大きな熱需要のあるものについては、既存システムに比べてコージェネレ

表1 コージェネレーションシステム国内導入実績表(民生用)

設置年月	設置場所	所在地	用途 (注1)	熱機関 (注2)	燃料	設置機関		システム関連		備考
						電力(kW)	熱	設置者	機関メーカー	
① 49.1	昭和シェル石油 日野研修所	東京都 日野市	E.C.H.W	DE	灯油	300 (150×2)		シェル石油	キャタピラ	
② 53.5	天理教本部	奈良県 天理市	E.C.H	DE	重油	12,400 300×2 800×1 2000×1 4500×2			池貝鉄工 新潟鉄工	
③ 54.12	石和温泉 観光ホテル	山梨県 石和町	E.H.W	DE	A重油	396 (132×3)		石和観光	ヤンマー ディーゼル	61.3 500KVA ×3 を新設
④ 56.6	霞ヶ丘 国立競技場	東京都 新宿区	E.W	GE	都市ガス (13A)	128		国立 競技場	日本鋼管 ワーケシヤ	
⑤ 56.7	ホリディイン 豊橋	愛知県 豊橋市	E.H.C.W	DE	A重油	640 (160×4)	C:80 RT	ホリデイ イン豊橋	M.A.N. 神鋼造機	
⑥ 56.8	千代田 パークホテル	北海道 池田町	E.H.W	GE	天然ガス	75		千代田パー クホテル	小松 製作所	
⑦ 56.10	大阪ガス営業技 術センター1号館	大阪市 西区	E.H.C	デュアル・ フューエル	都市ガス (13A) A重油	200	C:80 RT 直焚き 80RT	大阪ガス	新潟鉄工	
⑧ 57.5	金門製作所 北海道工場	北海道 札幌市	E.H.W	GE	都市ガス (6B)	29	54Mcal/h	金門	パーキンス	
⑨ 57.8	東京トヨタビル	東京都 文京区	E.H.C.W	DE	灯油	800	C:150RT	トヨタ 自動車	ダイハツ ディーゼル	
⑩ 57.10	ニチイ加古川店	兵庫県 加古川市	E.H.C.W	GE	都市ガス (13A)	540 (270×2)	C:240RT	ニチイ	キャタピラ 三菱	VVVF発電
⑪ 58.3	東京ガス 技術研究所	東京都 港区	E.H.C	GE	天然ガス (メタン)	90	C:40RT	東京ガス	小松 製作所	
⑫ 58.3	京葉ガス 船橋支店	千葉県 船橋市	E.H.W	GE	都市ガス (12A)	20		京葉ガス	小松 製作所	
⑬ 58.4	万座ビーチ ホテル	沖縄県 恩納村	E.H.C	GT	灯油	400	C:150RT	万座ビーチ ホテル	ギャレット 日比谷	予備機 400kW あり
⑭ 58.6	大丸潮見橋 別館	大阪市 速浪区	E.H.C	GE	都市ガス (13A)	280 (140×2)	C:43RT	大丸	ヤンマー ディーゼル	
⑮ 58.11	東京ガス ビルディング	東京都 港区	E.H.C.W	GT	都市ガス (6B)	2000 (1000×2)	4Gcal/h	浜松町 ビル(株)	川崎重工	排熱蒸気は 地域冷暖房熱源
⑯ 58.12	椿山荘	東京都 文京区	E.H.C.W	GT	都市ガス (13A)	480	950Mcal/h	藤田観光	ギャレット 日比谷	
⑰ 58.12	京葉ガス 浦安支社	千葉県 浦安市	E.H.C.W	GE	都市ガス (12A)	90 (45×2)	C:45RT	京葉ガス	小松 製作所	
⑱ 58.12	大多喜天然ガス 総合事務所	千葉県 茂原市	E.C.H	GE	都市ガス (12A)	30	C:20RT	関東天然 ガス開発	小松 製作所	
⑲ 58.12	長崎石油	長崎県 長与市	E.W	GE	LPG	32	69Mcal/h	長崎石油	金門 パーキンス	
⑳ 58.12	ホテル アルファトママ	北海道 勇払郡	E.H.W	DE	A重油	1600 (400×4)	900Mcal/h	アルファ トママ	ヤンマー ディーゼル	
㉑ 59.2	南西グランド ホテル石垣	沖縄県 石垣島	E.H.C.W	GT	灯油	400	C:100RT	南西グラン ドホテル	ギャレット 日比谷	予備機 400kW あり
㉒ 59.3	東京ガス 横浜支社	神奈川県 横浜市	E.H.W	GE	都市ガス (13A)	96	145Mcal/h	東京ガス	ヤンマー ディーゼル	
㉓ 59.3	東京ガス 湘南支社	神奈川県 藤沢市	E.H.C	GE	都市ガス (13A)	60 (30×2)	C:20RT	東京ガス	日産	
㉔ 59.3	恵山高原ホテル	北海道 亀田郡	E.H.W	DE	A重油	96 (48×2)		恵山 高原ホテル	ヤンマー ディーゼル	
㉕ 59.4	グランドホテル 浜松	静岡県 浜松市	E.H.C.W	GT	灯油	800 (400×2)	C:400RT	グランドホ テル浜松	ギャレット 日比谷	
㉖ 59.8	日本石油中央 技術研究所	神奈川県 横浜市	E.H.C	DE	A重油	440 (220×2)	C:90RT		新潟鉄工	
㉗ 59.8	東邦ガス 北営業所	名古屋市 北区	E.C.H	GE	都市ガス (13A)	75	C:20RT	東邦ガス	ワーケシヤ 日本鋼管	

設置年月	設置場所	所在地	用途 (注1)	熱機関 (注2)	燃料	設置機関		システム関連		備考
						電力(kW)	熱	設置者	機関メーカー	
28 59.9	フードサプライジャスコ中部食品センター	愛知県尾西市	E.C.H.W	GE	都市ガス(13A)	96		東邦ガス	ヤンマーディーゼル	
29 59.11	東京ガス北営業所	東京都北区	E.C.H	GE	都市ガス(13A)	96(48×2)	C:50RT 直焚き分 10RT	東京ガス	ヤンマーディーゼル	
30 59.11	北陸ガス電算センター	新潟県新潟市	E.H	GE	都市ガス(12A)	16	32Mcal/h	北陸ガス	金門(日産)	
31 59.12	大阪ガス東部支社	大阪府東大阪市	E.C.H	GE	都市ガス(13A)	180	C:40RT	大阪ガス	M.A.N神鋼造機	
32 59.12	大阪ガス北摂支社	大阪府高槻市	E.C.H	GE	都市ガス(13A)	180	C:40RT	大阪ガス	M.A.N神鋼造機	
33 59.12	大阪ガス京阪支社	大阪府枚方市	E.C.H	GE	都市ガス(13A)	180	C:40RT	大阪ガス	M.A.N神鋼造機	
34 60.3	東邦ガス総合技術研究所	愛知県東海市	E.C.H.W	GE	都市ガス(13A)	300(150×2)	C:80RT	東邦ガス	キャタピラ三菱	CVVF発電
35 60.3	東京都肥料卸商業協同組合	東京都八王子市	E.C.H.W	GE	LPG	70	C:20RT	共同組合	日産	
36 60.4	社会保険篤谷検査センター	東京都台東区	E.C.H	GE	都市ガス(13A)	50	57Mcal/h	社会保険庁	ヤンマーディーゼル	CVVF発電
37 60.5	昭石ガス千葉支店	千葉県千葉市	E.H.C	GE	LPG	52	C:15RT	昭石ガス	小松製作所	
38 60.5	定山溪ビューホテル	北海道札幌市	E.H.W	DE	A重油	680(340×2)		定山溪ビューホテル	ヤンマーディーゼル	
39 60.6	カマタ御殿場保養所	神奈川県御殿場市	E.H.W	GE	LPG	16	26.5Mcal/h	カマタ	金門(日産)	
40 60.6	洞爺湖サンパレス	北海道壮瞥郡	E.H.W	DE	A重油	800(400×2)		洞爺湖サンパレス	ヤンマーディーゼル	
41 60.9	敦賀スイミングスクール	福井県敦賀市	E.H.W	GE	LPG	30		河合トレーニングパーク	日産	
42 60.10	丸善石油研究所	埼玉県幸平町	E.H.C.W	DE	A重油	52		丸善石油	ヤンマーディーゼル	
43 60.10	大多喜天然ガスガスパビル	千葉県茂原市	E.H.C.W	GE	都市ガス(12A)	96(48×2)	C:64RT	関東天然ガス開発	ヤンマーディーゼル	
44 60.11	旭川ガス研修センター	北海道旭川市	E.H	GE	都市ガス(6C)	16		旭川ガス	金門(日産)	
45 60.12	沼津市青少年教育センター	静岡県沼津市	E.C.H.W	DE	A重油	200(100×2)		沼津市	ヤンマーディーゼル	
46 60.12	昭和シェル石油中央研究所	神奈川県厚木市	E.C.H	DE	A重油	96		昭和シェル石油	ニッサンディーゼル	
47 60.12	地区労会館	北海道札幌市	E.H.W	GE	都市ガス(6B)	25			ヤンマーディーゼル	
48 (61.1)	塩釜ガス	宮城県塩釜市	E.H	GE	都市ガス(5C)	16		塩釜ガス	金門(日産)	
49 61.1	大阪ガス北部導管事業所千里事務所	大阪府吹田市	E.H.C.W	GE	都市ガス(13A)	100		大阪ガス	M.A.N神鋼造機	
50 61.2	南越谷ホテル	埼玉県越谷市	E.H.C.W	DE	A重油				ヤンマーディーゼル	
51 61.3	東京ガス記念科学技術館	東京都江東区	E.H.C.W	GE	都市ガス(13A)	170	C:51RT	東京ガス	小松製作所	
52 61.3	ツイン 21	大阪府城東区	E.H.C	GE	都市ガス(13A)	2178(726×3)	C:750RT(250×3)	松下興産	日本鋼管ワーケシヤ	
53 61.3	東京ガス湘南導管事務所	神奈川県藤沢市	E.H.	GE	都市ガス(13A)	30		東京ガス	ヤンマーディーゼル	
54 61.6	大阪ガスコンピューターセンター	大阪府西区	E.H.C	GE	都市ガス(13A)	3300(1100×3)	C:560RT(1100×2)	大阪ガス	日本鋼管ワーケシヤ	建設中

注1 E:発電, C:冷房, W:給湯 注2 GE:ガスエンジン DE:ディーゼルエンジン GT:ガスタービン  
(昭和61年3月現在, 日本コージェネレーション研究会「コージェネレーション」(1986, VOL.1, No.1))

ーションシステムの方が省エネルギー性・経済性ともに優れている事が明らかにされ、建物のオーナー、建築設備業者などの関心を惹起している。

#### (6) コージェネレーション事例実績のインパクト

既存システムに対する新しいシステムが世の中に普及する契機を醸成するものは「熱意あるフロンティア精神旺盛な購買者である」。コージェネレーションシステムもこうした購買者（民生用建物のオーナー）の熱意により、数多くの実施例が出現し、その効果が広く喧伝されるに至り、各界の関心を喚起している。

### 3. コージェネレーションシステムの現状

製造業におけるコージェネレーションシステムは古くから数多くの事例がある。ただし、従来のものは蒸気タービンの中核としたものが大宗を占め、それ故に電気・熱需要のかなり大きな工場で使われる事が多かった。今後はガスタービン・ガスエンジン・ディーゼルエンジンなどの内燃機関を用いたコージェネレーションが、蒸気タービンは大きすぎて使いきれないと言う規模の工場に数多く導入されていくものと思われる。

我国において、民生用建物に導入されている狭義のコージェネレーションシステムは（表1）に示すとおりである。ホテルを中心にスポーツ施設、スーパーマーケット、事務所ビルなどに採用され、56ヶ所31,682 kWに達している。今後ともこうした実績をもとに、電気・熱需要のバランスの良い民生用建物には広く導入されて行くものと思われる。

### 4. コージェネレーションシステムの展望

#### 4.1 目標達成型社会から目標開拓型社会への移行

第二次世界大戦後の荒廃の中から未曾有の経済発展をなし遂げた我国の戦後の歴史は、今や高度成長から安定成長へと移行している。経済成長と一次エネルギー供給との関係は昭和48,49年を境にして、エネルギー少消費型経済に移行し、安定成長ながらも先進工業国の中では経済優等生と言われている。しかしながら、今や我国は自由世界第二の経済規模を有するに至り、世界にキャッチアップすべき対象を失いつつある。

遣隋使・遣唐使の時代から明治以降今日の未曾有の経済発展を遂げるまでの我国の歴史は、先進国にいかにも早くキャッチアップするかの努力の歴史であった。今後とも活力ある我国の経済社会を構築して行くためには、日本人自らの手で社会の目標を定め、自らの手

で社会を切り開いて行かなければならない。

こうした状況は、我国の1500年余に亘る歴史時代を通じて、我国が初めて遭遇するものである。

我国の社会制度の全てが、こうしたキャッチアップ社会に効率よく機能するように構築されてきたことは先人の努力の致す処として評価すべきものである。しかしながら自らの手で目標を定め、自らの手で社会を切り開いて行く社会（目標開拓型社会と名づける）の構築のためには社会制度全般に亘る見通しが必要である。自らの手で目標を定め、自らの手で社会を切り開いて行くと言う事は、国民各層の試行錯誤（トライアンドエラー）の機会を出来る限り多く与えることによつてのみ可能となる。

今までの目標達成型社会から目標開拓型社会に移行せざるを得ない我国の状況を十二分に理解した上で、従来の社会制度の中で目標開拓型社会の構築に障害となる制度は変えて行く必要がある。

#### 4.2 目標開拓型社会に求められる電源構成

- ① 昭和48年頃までは、日本の経済構造が欧米先進国にキャッチアップすることを前提として構築されて来たために、社会構造の変化がおよそ想定可能であった。
- ② 社会構造の変化をおよそ想定出来たが由に、GNPの伸び、並びに電力需要の伸びも、かなりの精度で想定出来た。
- ③ それ故昭和48年頃までは、かなり精度の良い電力需要想定のもとに、電力需要に応えるための電源開発計画を比較的適正に作成できた。
- ④ しかしながら、欧米先進諸国へのキャッチアップを一応のレベルで達成した昭和50年代を境にして、日本の社会構造は従来の予想とは著しく異った変化を遂げている。
- ⑤ それ故に、社会構造の変化、GNPの伸び、それにともなう電力需要の伸びなどの想定が非常に難しい時代に突入し、今後ともこの様相は続くものと思われる。
- ⑥ また、今後は産業構造の変化、民生用需要の増加にともない最大電力需要とベースロードの比は拡大する。
- ⑦ こうした事が起因して、電力需要に適切に応えるための電源開発計画は従来のように計画立案から運転開始までのリードタイムが10～15年のように長いものだけで対応することは難しい。
- ⑧ 社会構造の変化が想定し難い今後の我国の社会的

電力需要に適切に対応して行くためには、最低限度可能な電力の伸び分は建設のリードタイムの長い従来の巨大電源に頼るとしても、需要の想定困難な分はリードタイムの短い分散型電源で対応して行く事が必要である。

社会の変化の見通しが不確実な時代——見習うべき商品・技術が欧米に無くなりつつある、日本経済の発展結果の宿命——にあって適正な発電規模を保ち資本費の過剰をもたらさないために、大規模電源と分散型電源との調和をはかる必要がある。

#### 4.3 今後の展望

コージェネレーションシステムは熱力学の法則に則ったエネルギーの有効かつ賢明な使用を实行出来るシステムであると共に、42で述べた巨大電源と分散型電源の調和による適正電源規模の維持の観点から、工業用・民生用分野において広く普及して行くものと思われる。

しかし、その為には、

- ① 機器性能の向上
- ② 設備コストの低減

- ③ NO<sub>x</sub>などの環境対策の確立
  - ④ エンジニアリングレベルの向上
  - ⑤ 運転管理技術の向上
- が強く望まれる。

#### 出典

- 1) 総合研究開発機構, (財)省エネルギーセンター  
「分散型電源システムの最適化に関する調査」(昭和60年4月)
- 2) (財)省エネルギーセンター  
「コミュニティエネルギーシステムに関する調査研究」(昭和51～60年)
- 3) (社)日本機械工業連合会, (財)日本システム開発研究所  
「省エネルギー技術の応用によるエネルギー高効率利用の調査研究」(昭和60年7月)
- 4) (社)日本ガス協会, (財)日本システム開発研究所  
「需要先設置型燃料電池に関する技術調査」(昭和58, 59年)
- 5) (財)エネルギー総合工学研究所  
「燃料電池エネルギーシステム調査研究」(昭和56, 57, 58年)
- 6) (財)エネルギー総合工学研究所  
「石油トータルエネルギーシステムに関する調査」(昭和60年3月)

#### 新刊洋書紹介

### Waste Sorting and RDF Production in Europe ヨーロッパにおける廃棄物仕分けとRDF生産

書名: Waste Sorting and RDF Production in Europe  
著者: J. R. Barton, A. J. Poll, M. Webb and L. Whalley  
価格: £25.00 plus £2.5 post/packing  
発行所名: Elsevier Applied Science Publishers, London  
サイズ: 23 × 15cm  
内容:

EC諸国とスウェーデンにおける廃棄物仕分けとRDF生産の現状をまとめた成書。1977年の最初の報告書以来、廃棄物仕分け技術の応用は拡大したが、市場需要のため、その重点は燃料生産へと移っている。処理プラント数は増加したが、技術の最適化は不十分であり、多くのプラントは十分に稼動していない。適用されている技術が供給物質および市場要求に合致するかの研究・開発・計画に対しても十分な配慮がなされていない状況にある。本書においては、これらの実情に併せ、今後の研究開発を要する分野に関する勧告も行われている。

申込み: 近くの洋書店にお申込み下さい。