ISSN 0286－4037

呉工業高等専門学校

研　究　報　告

第24巻　第1号（通巻第42号）

昭和 63 年 8 月　（1988）

目　次

1．高専生の睡眠生活調査（1）……………… 有廣圭司、堀　忠雄、増本貫一、村上滋樹　1

2．ジョウゼフ・コンラッド：作家への苦しみとその作品について……………… 田邊達雄　11

3．工作実習におけるメカトロニクスの応用……………… 山根光夫、大東由喜夫、高木健作　25

4．小形変形蛍光ランプの電源による分光分布の変化……………… 原田一彦、山崎　勉　37

5．中空陰極放電の実験的研究　Ⅵ……………… 山崎　勉　67

6．平衡状態における室内平均音圧レベルに及ぼす開口近傍反射の影響……………… 藤井　健　77

昭和62年度本校教官による他誌発表論文一覧表……………… 85

高専生の睡眠生活調査(1)

(一般科目)　有　廣　圭　司
*堀　　忠　雄
(機械工学科)　**増　本　貫　一
(電気工学科)　村　上　滋　樹

Survey on a sleep − wake habits of college students.

Keiji ARIHIRO
Tadao HORI
Kan-ichi MASUMOTO
Shigeki MURAKAMI

The Life Habits Inventory of Tokyo Metropolitan Institute for Neurosciences (TMIN−LHI) was administered to 466 students in the Kure National College of Technology. The numbers and mean ages of students were 171(15.7) of the 1st grade, 151(16.8yr) of the 2nd grade and 144(17.9yr) of the 3rd grade.

The survey results were analyzed in regard to the Sleep Habits Scales and the Life Habits Scales. These scales were (1) Long Sleeper−Short Sleeper, (2) Good Sleeper−Poor Sleeper, (3) Regular Sleep Habits Type−Irregular Sleep Habits Type, (4) Morning Type−Evening Type in the Horne & Östberg context, (5) Regular Life Habits Type−Irregular Life Habits Type, (6) Sleep Satisfaction Group−Sleep Dissatisfaction Group, (7) "Kanashibari" in the Fukuda context of sleep paralysis.

Approximately 5 percents of total students were screened as the persons who have some sleep disturbances or sleep problems. These results show the present questionnaires(TMIN−LHI) being useful for the screening test inventry for college students.

§1　はじめに

昭和60年度のNHKの国民生活時間調査[12]によれば，睡眠時間は小学生が9時間4分，中学生が7時間49分，高校生が7時間15分，大学生が7時間19分である。昭和40年度の結果が，小学生9時間22分，中学生8時間37分，高校生と大学生がともに7時間50分であることと比較すると，明らかな睡眠短縮がおこっている。短縮は中学生が最も大きく48分で，高校生37分，大学生31分，小学生18分の順

*　カウンセラー，広島大学総合科学部人間行動研究講座・生理心理学研究室

**　前学生相談室長

になっている。この減少勾配は40年度と50年度の間が急で，50年度からはやや横ばい状態になってきたが，それでも55年度と比べて小学生が9分，中学生が4分，高校生9分，大学生4分の減少を示している。小学生と高校生が全国平均で9分の減少を示したことは注目に値いするが，その理由は解っていない。しかし，小学生に授業中の居眠りがみられるようになったこと，睡眠時間が5.5時間以下の者が高校生の11.2%を占める[12]という事実は，健康管理上の問題ばかりでなく，教育制度や学校経営にかかわる重要な課題であることを示している。

睡眠時間ばかりでなく，ここ20年間で平均就床時刻と起床時刻の推移をみると，国民全体（10歳以上）に約1時間程の「遅寝・遅起き」が進行している（斉藤1983[13]）。勤務形態の多様化や時差出勤など都市交通の事情から，勤労成人層の生活様式が変わり，夜10時から11時に起きている人の割合が確実に増えてきている。社会生活のサイクルは主に勤労成人の生活様態によって規定されるから，勤労成人は「宵ぱりの朝寝坊」が可能である。ところが，学校の始業時刻はここ20年間，ほとんど変わっていない。児童・生徒の場合は，遅寝は確実に睡眠短縮を引き起こし，睡眠不足の原因となる。社会生活のサイクルと学校生活のサイクルのずれという観点から，この問題を検討することが近年重視されるようになってきた。

生活サイクルという時間領域を考慮した取組みは，フランスではすでに十数年前から始まっており，修学リズム（rhythmes scolaires）の研究と学校経営の革新が，重要な国家事業として奨励されている（吉田1987）[17]。ここでは時間割編成ばかりでなく，夏休み冬休みといった学校歴の抜本的改訂が進められている。我国でも年度始めを秋にするかどうか等，学校歴の改訂が話題とはなっているが，科学的裏付けはほとんどなされていない。それでも大学生については，東京都神経科学総合科学研究所の宮下ら（1986）[9]の生体リズム研究プロジェクトが中心になって，1000〜1500人規模の生活習慣調査が行なわれ（Ishihara et al, 1984[5]，上田1984[15]），ようやく都市部の大学生についてはその実態がわかってきた。それに対し，検討が緊急の社会的課題となっている高校生以下の児童・生徒については，疫学的な調査も教育科学的な調査もほとんどなされていない。

そこで今回は，基礎資料の集積を目的として宮下ら（1986）[9]の調査方法により，高専生の生活習慣に関する実態調査を行なった。高専生を対象とする利点は，一般の三年制の高校生よりも進学や就職準備のための生活時間の拘束が少ないこと，5年間の連続追跡調査が可能であることである。調査項目は合計71項目にのぼり，多次元的な解析と診断尺度が用意されているが，本報告では最も基本的な4つの尺度と関連項目について述べる。

§2　方　法

2.1　調査対象

呉工業高等専門学校の1年生から3年生までの男女477名を対象とした。回答は466名（平均年齢16.8歳）から得られた。回収率は97.7%である。男子が414名（平均年齢16.8歳），女子が35名（同16.9歳），記載不備から性別不詳が17名であった。女子の人数が極端に少ないので，性別分析はおこなわず男女一括集計した。1年生は151名（平均年齢15.7歳），2年生は151名（同16.8歳），3年生は144名（同17.9歳）であった。

2.2　調査時期

調査は1986年11月後半に実施した。この時期は後期中間試験の実施前にあたり，行事予定に支障がなく担任の協力が得られた日に，クラス毎に実施された。

2.3　調査方法

東京都神経科学総合研究所で作成された都神研式生活習慣調査（TMIN-LHI）を用いた。この調査票は合計16頁の冊子になっており，第1部が睡眠を中心とする生活習慣調査（52項目）で，第2部

が朝型・夜型質問紙（19項目）で構成されている。回答は専用の回答用紙の該当番号に○印をつけるか，数字を記入（13項目）する方式をとっている。調査冊子と回答用紙を各クラス担任に配布して，クラス単位で実施し回収した。

2.4 データ分析

データ分析は以下の尺度と項目に関して行なった。まず睡眠の量的な側面から，(1)睡眠時間の個人差と標準値の検討を行なった。次に質的側面として，(2)睡眠の自己評価に基づいて熟眠型と不眠型に分け，特に不眠型の程度と分布について検討した。睡眠習慣の規則性から，(3)規則型と不規則型の割合を調べた。また，活動の高まる時刻が24時間のリズムのどの位相にあるかについて，(4)朝型と夜型に分け，その割合について調べた。さらに，(5)生活時間の規則性と(6)睡眠の満足度，(7)金縛り体験の関連項目についても若干の検討を加えた。

§3 結　果

3.1 睡眠時間の個人差と標準値

1）長時間睡眠者と短時間睡眠者

3学年全体（N=466）の平均睡眠時間は7時間7分で，標準偏差（σ）は±60分である。6時から8時の範囲に全体の85.9%が入る。宮下（1984）[8]の定義に従って，平均睡眠時間±1.5σを超える者をそれぞれ長時間睡眠者（long sleeper），短時間睡眠者（short sleeper）と分類すると，今回の結果では判別基準は5.5時間以下および8.5時間以上となり，短時間睡眠者の割合は6.5%，長時間睡眠者は7.7%である。学年別にみても，1年生が7時間15分（±57分），2年生が7時間（±63.6分），3年生が7時間5分（±57.6分）となり，6～8時間の範囲に80%以上の学生が集中している。先の基準を適用すると，短時間睡眠者の割合は1年生6.4%，2年生7.9%，3年生4.9%である。長時間睡眠者は1年生7.0%，2年生9.2%，3年生7.0%であった。NHKの調査（1986）[12]では，睡眠時間が5.5時間以下の者は高校生の11.2%を占めているが，今回の調査では最大でも8%を超えることはなかった。

睡眠時間の長短を一義的に睡眠異常と考えることはできない。しかし，成人に関しては睡眠時間が標準範囲を逸脱する程，長すぎても短すぎても死亡率が高くなる（Kripke）[7]。従って，睡眠時間と健康状態は全く無関係とは言い切れない。今回の調査では，睡眠時間が－3σを超える4時間以下の者が全体で4名（0.9%），＋3σを超える10時間以上の者が3名（0.6%）みられた。これらの極端な例では，何らかの睡眠問題あるいは健康上の問題をもっている可能性があり，精査の必要性が指摘される。また，若年層でのこうした個人差が，そのまま成人へと持越されてゆくのかは，今後の追跡調査の課題であろう。

各学年のピーク時間を比べると，1年生が8時間であるのに，2～3年ではそれが7時間に移っている（図1）。すでに述べた平均値でも2～3年生の睡眠時間短縮が認められる。NHKの調査（1984）[12]では高校生の全国平均が7時間15分である。これはちょうど今回の1年生の平均に一致している。2～3年生の睡眠は全国平均よりやや短い傾向にあるといえよう。

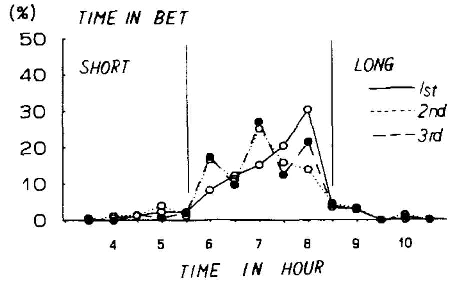


図1　各学年ごとの睡眠時間の分布

2）就床・起床時刻の分布

就床時刻と起床時刻の分布（図2）をみると，ピークの移動は学年を追って遅い時間帯へと進むことがわかる。1年生の37.6%が7時半から8時までの

間に起床するのに対して，3年生は8時から8時半にピークが移り，40.1%がここで起床している。始業時刻が8時40分であるから，3年生の約半数は極端な遅起きであるが，彼らの大部分が寮生であることから，高専生の特殊条件が関与しているとみるべきであろう。しかし，8時半以降に起床する場合には，寮生であっても朝食をとることは無理である。起床時刻の全体の平均は7時7分（±46分）であるから，±1.5σを標準範囲とすると，6時から8時15分の間となる。これよりも遅くなると，実際に欠食と遅刻など生活指導上の問題が発生してくるから，この標準範囲の設定は意味があるといえる。

一方，就床時刻をみると全体の平均は11時49分（±63分）で，起床よりも分散が大きい。±1.5σ範囲を標準とすると，およそ10時15分から1時20分の範囲ということになる。1時20分に就床すれば朝の8時30分起床で，平均範囲の7時間睡眠は得られるが，間違いなく遅刻するであろう。従って，1時をすぎると平均的な睡眠時間を確保することは難しくなる。就床時刻が2時以降になる学生は1年生に3名，2年生に11名，3年生に7名おり，合計21名で全体の4.8%も占めている。±3σを超える午前3時以降に就床する者が，2年生に4名，3年生に1名おり，割合としては1.1%にすぎないが，極端な睡眠不足がおこると考えられる。一過性でない場合には，睡眠不足となる背景に睡眠相遅延症候群（DSPS: Delayed Sleep Phase Syndrome）[11]の疑いもあり，これらの学生の精査と追跡調査が必要と言える。

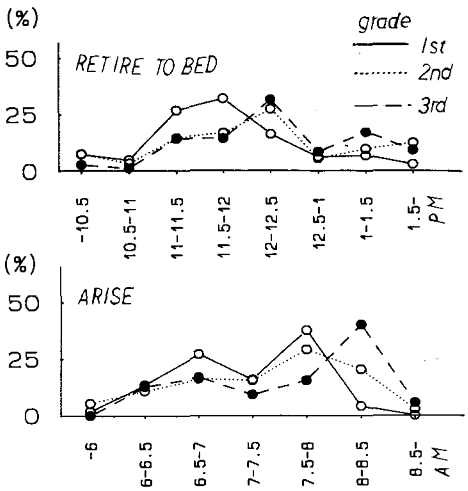


図2 就床・起床時刻の分布

3.2 熟眠型と不眠型

Monroe(1967)[10]は，1）主観的な入眠潜時が10分以下で，2）夜間睡眠中に中途覚醒がなく，3）入眠困難を伴わない者を熟眠型睡眠者（Good Sleeper）と定義している。これに対して，1)入眠潜時が常に30分以上で，2）中途覚醒が1晩に1回以上あり，3）入眠困難を感じる者を不眠型睡眠者（Poor Sleeper）と定義している。

今回の結果をこれらの基準にそって調べてみると，まず入眠潜時では全体の平均が24.6±16.0分で，30分以内と答えた者が81.8%，10分以下（熟眠傾向）の者は31.1%である。一方，40分以上（不眠傾向）の者は18.2%おり，60分以上という強い不眠傾向の者の割合は3.4%(16名)であった。特殊な就眠習慣を持っているか，何らかの入眠障害が考えられ，いずれにしても面接等により精査すべきであろう。

中途覚醒が全くない者は全体の66.5%で，過半数を若干上まわる程度であった。Monroeの基準[10]では，1回でも中途覚醒すると不眠傾向として得点化される。1晩に1回程度の者が28%を占めており，この割合はどの学年も変わらない。1晩に2回以上睡眠が中断される者は全体で26人おり，5.5%を占めている。頻回の中途覚醒は，睡眠維持障害[11]の疑いがあり高専生の5～6%に発生したということは注目してよいことだろう。

寝つきのよさの主観的判断では，全体の24.5%が「よくない」と答えている。この判断は，1年生18.7%，2年生25.0%，3年生31.9%と学年を追うごとに増え，3年生では3人に1人は入眠困難を感じていることがわかる。

これらの基準のうち1つでも該当すれば不眠型と判定すると，入眠潜時だけですでに全体の30%以上が不眠型睡眠者となってしまう。そこで，もう一段厳しい基準を設けると，この割合は5％程度となってしまう。そこで，Monroe の3つの基準[10]のそれぞれで，熟眠傾向と不眠傾向を判定し，全ての基準が熟眠傾向を示した場合を熟眠型，その逆を不眠型，両方の傾向が混合している者を中間型と3つに分類した。その結果（図3）は，熟眠型が87名で18.7%を占め，不眠型の25名 5.4％よりも多いが中間型が75.9%を占めており，自分の眠りのどこかに不眠傾向をかかえた者が大部分であることがわかる。特に不眠型は1年生で5名（学年内の割合，2.9%），2年生で7名（4.6%），3年生で13名（9.0%）と人数と割合が増加する。この分類原理に従っても，3年生では10人に1人が不眠型睡眠者ということになり，学級経営ばかりでなく学生相談業務など学校経営上の重要問題であることを示唆している。

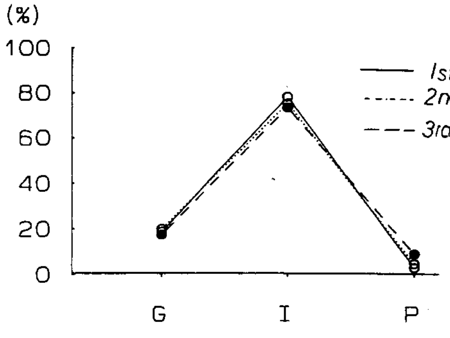


図3　熟眠型（G），中間型（I）および不眠型（P）の出現割合

3.3　規則型と不規則型

Taub (1978)[14]は，1）就床時刻，2）起床時刻，3）睡眠時間が週4回以上，2時間から4時間の範囲で変動する者を不規則型（Irregular Sleeper）と定義している。

今回の調査では，就床時刻の変動が2時間以上の者は全体の43.6%である。この割合は2年生が51.7%で最も多く，3年生が47.2%，1年生が33.1%の順になっている。基準を4時間以上としても，2年生が17.8%，3年生が11.9%，1年生が 8.9％でこの順序関係は変わらない。4時間としても，10時に就床した翌日は急に2時まで起きているということを繰返すわけで，慢性化すると体内リズムが乱れることになる。これら4時間以上の変動を示す者の中には，6時間以上ずれる者も29名（6.3%）おり，頻繁な時間帯移動に伴う睡眠・覚醒リズムの乱れによる障害（Frequently Changing Sleep-Wake Schedule）[11]の発生が疑われる。この障害は国際睡眠障害センター学会（ASDC）の診断分類で C_{2a} とコードされるリゼム障害で，不規則な交代勤務を繰返す人に起こりやすい。過眠や眠気ばかりでなく，合併する精神・身体症状も多い。消化性潰瘍を起こしやすいのも特徴の一つと言われているが，これは食事の不規則化も原因の一つと言われている。今回の結果は恐らくは一過性の不規則生活が調査時期と重なったためと推測されるが，スクリーニングの原則からすれば，面接精査の対象とすべきであろう。

これに対して起床時刻は，2時間以上ずれる者はめったになく，全体の 6.2 %にみられにすぎない。1年生で 5.8 %，2年生で 6.0 %，3年生で 7.0 %と，ほとんど学年差はみられない。基準を4時間以上にすると，全体でも 2.6 %となってしまう。一方，±10分以内が全体の52.7%，± 30 分以内が31.4%で両者ですでに84.1%を占めているから，1時間以上から不規則者として判定する方が，睡眠の個人差をみる上では妥当のように思われる。

睡眠時間が2時間以上変動する者の割合は全体の29.4%で，学年別にみるとこの項目でも2年生が34.4%で最も高く，3年生27.1%，1年生26.9%の順であった。基準を4時間以上にすると，全体で32人（6.9%）となり，極端な不規則者の割合はずっと少ないことがわかる。起床時刻はほぼ一定であるから，睡眠時間は睡眠時刻の変動と連動することが考えられる。ところが，時刻変動から予測される時間変動の人数や割合は，実際の値と一致しない。むしろ，睡眠時間の不規則な者の数の方が少ない。これは帰宅後に仮眠をとる，分割睡眠の習慣を持つものがいるためである。

以上3つの基準のそれぞれで，2時間以上の変動がある場合を不規則傾向と判定し，一つでも基準を超えたら不規則型に分類した。その割合は全体の47.5%で，学年別にみると2年生が55%で最も高く，3年生が51%，1年生が38%の順になる。この分類原理では，およそ半数が不規則型に判定され，個人差の記述としては大雑把にすぎる。そこで，各基準の選択肢を0～5点に重みづけして合計し，不規則度得点を求めた。得点の分布は0～13点であったので，4点ずつに区分し，1度（不規則型睡眠の傾向がある：1～4点），2度（不規則型睡眠者である：5～8度），3度（強い不規則型睡眠者で，睡眠障害あるいは生体リズムの障害が疑われる者：9点以上）に分類した。それぞれの出現率は図4のとおりである。全体で平均をとると1度が31.0%，2度が13.2%，3度が3.5%である。学年差は1度で最も大きく，3度でほとんど差がなくなる。2度以上を睡眠習慣に問題ありとすれば，16.7%の者がスクリーニングで抽出されることになる。これはおよそ6人に1人の割合であり，決して小さな数字とは言えない。

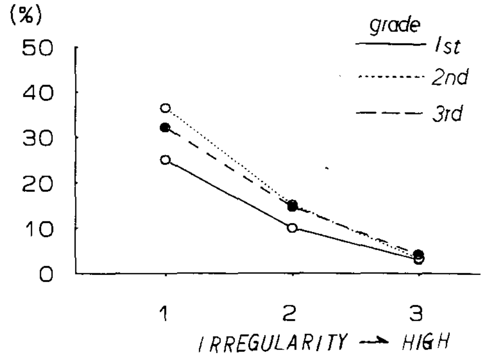


図4 不規則型睡眠者の分布

3.4 朝型と夜型の分布

作業効率を連続測定すると，効率の良い時と悪い時が約24時間周期で交替する。この日周変動のピークが早い者を朝型(morning type)，遅い者を夜型(evening type)と呼んでいる。実際に作業を行なって測定し，そのピーク時刻によって分類するのが最も確実であるが，時間的・経済的に負担が大きくなる。そこで開発されたのがHorne & Östberg(1976)[4]の朝型－夜型質問紙である。今回の調査の第Ⅱ部はその日本語標準版(Ishiwara et al, 1984)[5]である。朝型－夜型の概念は交替制勤務に対する適応性(耐性)，勤務配置計画など，実務応用をめざした研究が行なわれている。朝型と比較して夜型の方が，不規則夜勤や時差変動への適応が良好であると言われている（石原1988)[6]。

今回の朝型－夜型得点（ME得点）は，1年生が49.4±7.9，2年生が49.2±7.1，3年生が48.2±7.2で，全体では49.0±7.4であった。学年別に得点分布をみると，多少の凹凸はあるが，全体ではほぼ正規分布に近いパタンをとり，得点の低い側（夜型）で少し裾野が高い結果になっている。

図5は朝型と夜型の分布を示したものである。ME得点が大きい程，朝型の傾向が強い。59点以上を朝型(M)，70点以上を明らかな朝型（MM)，41点以下を夜型(E)，30点以下を明らかな夜型(EE)と分類した。42～58点は中間型(I)と分類した。EEとMMはいずれも1%以下であったので，今回はこれらをEとMにまとめることにした。夜型と朝型の割合を学年ごとに比べると，1年生が16.4%と10%，2年生が13.2%と10.6%，3年生が15.3%と6.3%で，いずれも夜型の方が多い。今回の調査結果では，±1σがちょうど中間型と分類する得点範囲であり，ここに各学年の73.6～78.4%の者が集中している。正規分布よりやや劣っているが，高校生に対しても

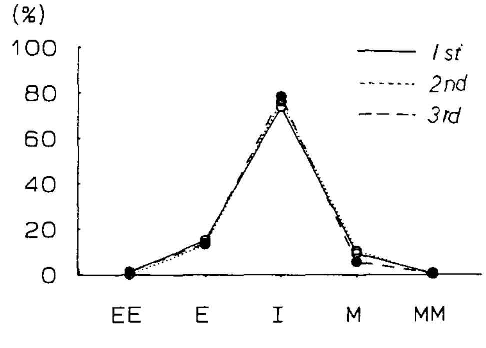


図5 朝型と夜型の分布
EE：明らかな夜型，E：夜型
MM：明らかな朝型，M：朝型

この日本語版朝型－夜型質問紙[5]の信頼性が高いことを示すと考えられる。

3.5　生活習慣の規則性

最近の１ケ月間の徹夜の回数，朝食及び昼寝の習慣の有無の３項目を選択して，生活習慣の規則性を調べた。徹夜を月１回以上するという者は１年生17.7%，２年生27.3%，３年生26.4%で，全体で23.4%であった。徹夜するとしても月１～２回というのが大部分であるが，４人に１人が徹夜をしなければならないと課業が消化できないとすると，成長期にあるこの年齢帯にとって，何らかの教育的配慮がとられるべきであろう。不必要な徹夜であるなら，これは大いに戒めるべきである。朝食の習慣について調べると，(1)必ずとる者55.9%，(2)とらないことがある28%，(3)とらないことが多い11.2%，(4)とらない4.9%となる。学年別にみたのが図６である。必ずとるという者の割合は，１年生71.9%，２年生48.0%，３年生45.1%で，学年が進むにつれて低下する。全くとらないという者の割合は極めて低いが，１年生が1.8%，２年生が６%，３年生が7.6%と学年が進むにつれて増える。

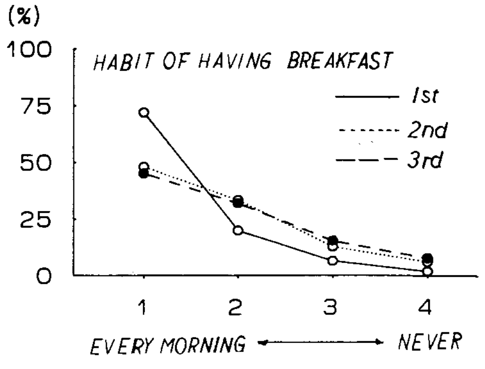


図６　朝食の習慣

昼寝の習慣は全体の14.3%の者にみられ，どの学年でもこの割合は13～14%であった。「たまに居眠りをすることもある」という者も含めると56.2%に達し，ほぼ半数が日中に眠気を体験している。日中の眠気や居眠りの体験者は12～３時が最も多く，次に９～12時にもみられている（図7）。これらは授業中の居眠りであり，睡眠時間としては短い。割合は低いが３時以降の眠りはもう少し長く，仮眠あるいは分割睡眠の役割をもっているようである。

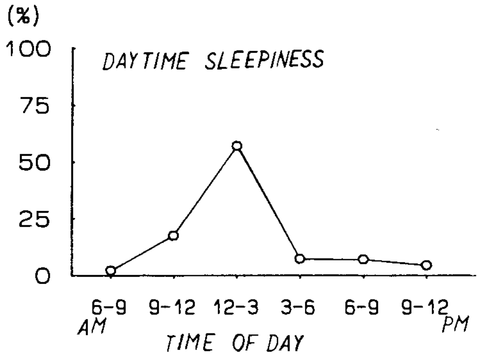


図７　日中の眠気の時間分布

徹夜がなく，必ず朝食をとり，日中に居眠りをしない者を規則的な生活習慣者，その逆の場合を不規則な生活習慣者と分類すると，どちらにも属さない中間型が69.5%を占める。規則的な者は22.0%で，不規則な者は8.5%である。従って，全体としては健全な結果が得られているわけであるが，８%の者の不規則さが何に起因しているかは，さらに多次元的に分析する必要がある。

3.6　睡眠の自己評価

起床時の気分，睡眠時間の充足度，熟眠感の３項目を，睡眠の満足度を表わす尺度としてまとめた。その結果を図示したのが図８である。いずれもそれほどの学年差はみられない。全体で比較すると，起床時の気分は「良い」と回答した者は25.3%で，「悪い」と回答した者の方が40.3%と多い。睡眠時間が長すぎると感じる者は4.7%と少なく，満足しうると感じている者は37.3%であった。これに対して57.9%の者が睡眠不足を感じており，不満を持つものの方が多い。それでも熟睡していると回答した者は72.7%を占め，眠りが浅いとした者は11.8%であった。良好な自己評価が過半数に達したのは，この項目だけである。

どの項目も「良い」と回答した者を満足群，全ての項目を「悪い」と回答した者を不満足群として分類すると，満足群は全体の13.9%，不満足群は5%，中間群が81.1%であった。すでに述べたMonroe[10]の熟眠型と不眠型及び中間型と割合を比較してみると，熟眠型は18.7%であるが，満足群は13.9%で約5%低い。不眠型は5.4%であるから，不満足群の5%は対応している。中間型75.9%に対し中間群は81.1%で約5%も高い。クロス集計をしていないのであくまでも推測であるが，不眠型と不満足群は重なっているが，熟眠型の中には自分の眠りのどこかに不満を持っている者がいると考えられる。

大半の高専生の睡眠に関する感想は，熟睡できるが，目覚めの気分はあまり良くなく，どこか眠り足りない気がするとまとめることができよう。

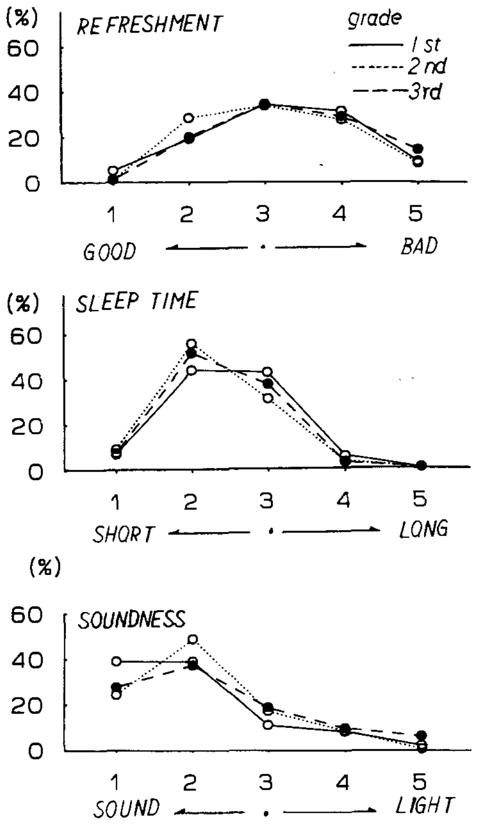


図8　睡眠の自己評価
（上段）起床時の気分
（中段）睡眠時間の充足度
（下段）熟睡感

3.7　金縛り体験について

福田（1988）[2]は「金縛り」体験について，(1)覚醒と睡眠の移行期におこる。(2)自発的な運動が不可能である。(3)自覚的には覚醒か半覚醒の状態である。(4)恐怖感を伴う。(5)自然に回復するなどの特徴をまとめ，睡眠麻痺，場合によっては睡眠麻痺に入眠時幻覚を伴ったもの（isolated sleep paralysis with or without hypnagogic hallucinations）と定義している。金縛り体験の初発年齢分布のピークは思春期にあり，女性では15歳であるのに対し男性は17歳と遅れている（Fukuda et al, 1987）[1]。

今回の結果を整理すると，金縛り体験は28.5%（131人）の学生にみられている。今までに1回だけ（7.8%），2～3回（9.4%），数回（6.5%）の3つで23.7%を占めており，年に数回（2.4%），月に数回（1.3%），週に数回（0.9%），毎日のようにある（0.2%）などの，高頻度の者の合計は全体の4.8%みられている。

金縛り状態での体験内容は，(1)身体が動かない（87.0%），(2)声が出ない（65.6%），(3)恐怖感・不安感（48.9%），(4)何かが上に乗っているような感じ（31.3%），(5)人・物などの気配がする（24.4%），(6)聞こえるはずのない人の声や音がする（22.9%），(7)人・物などあるはずのないものがみえる（16.0%），(8)何かに触られたような気がする（12.2%），(9)その他（12.2%）であった。

§4　考　察

長時間睡眠者と短時間睡眠者の判別基準は，この分類の提唱者であるHartman et al（1971）[3]は，9時間以上と6時間以下にしている。これは，平均を7.5時間，標準偏差1時間とすると，平均から1.5σ以上へだたった者と定義したことに等しい。正規分布であれば，いずれも6.7%ずつ存在するはずである。Hartman[3]らの提案した9時間と6時間を絶対基準としてそのまま使うか，標準偏差範囲からそのつど基準を設定するかは，研究者間で一致はみられていない。今回は，この分類が異

常を示す概念ではないので，その定義は純粋に推計学的見地から分類すべきであるという宮下(1984)[8]の提案に従って，1.5σを基準として用いた。この場合，分布の両端の者を全て長(短)時間睡眠者に入れてよいか，ということが問題となる。±3.5σあるいは4時間以下，11時間以上は何らかの問題を有する可能性があるので，個人差分類の概念にはなじまない。従ってこれら極端なものは，この分類範疇から除くべきであるという提案(Webb, 1979)[16]もある。今回のデータでは3σ基準で，すでに睡眠問題を有すると思われる者が抽出できた。スクリーニングを目的とするならば，3～3.5σ以上を判別基準とするのが妥当のように思われる。就床時刻が3σ以上ずれる者は，単なる遅寝や早寝ではなく，睡眠相遅延症候群（DSPS）や睡眠相前進症候群(Advanced Sleep Phase Syndrome, ASPS)[11]の疑いが濃厚である。DSPSはASDC診断分類で C_{2b} とコードされるリズム障害である。この障害の発生率はASDCの全受診者の1.2％，本邦ではこれよりさらに低く，0.5％(中沢1986)[11]といわれている。これと逆の障害がASPSで，入眠が午後8～9時，覚醒が午前3～5時で，睡眠相が普通の人よりも3～4時間早まった状態で固定した症候群である。ASPSは C_{2c} とコードされ，発生率は0.3％でDSPSよりずっと少ない。今回も9時に就床する学生が2名いたが，いずれも起床時刻は標準範囲に入っているので，問題なしと判断した。今回のような質問紙形式の調査が，DSPSやASPSの動態把握や早期発見に機能するものかどうかは，本人との面接など，今後の相談活動から検討する必要があろう。

総合判定で不眠型となった者が5.4％いた。これは宮下ら(1986)[9]の大学生の明白な不眠型睡眠者の割合と対応している。これは各判定基準の数値を全て2倍にして分類したものである。いずれの場合でも約5％に問題のある不眠型睡眠者が抽出される。睡眠臨床からすれば，どの判定基準でも2倍値を超えると，睡眠障害とそれに伴う身体症状が出てくる可能性が極めて高くなる。不眠型が不眠症へと移行する高危険群(high risk group)なのか，高校での不眠型はそのまま大学へと持越されるのかを検討するためには，慎重な追跡調査が必要である。

朝型と夜型に関するこれまでの研究[5)6)]では，夜型は徹夜回数が多く，就床・起床時刻の変動が朝型よりも大きい。夜型の35～45％が朝食をとらず，夜食，アルコール・カフェインの摂取，喫煙などは全て朝型よりも多い。朝型で朝食をとらないものは，朝型の6％にすぎない。夜型は不規則な生活習慣に高い柔軟性をもっており，生活時間帯の急激な移動に強い耐性を示す。一方，朝型は生活習慣の堅さが強く，規則的な生活リズムが維持される。不規則型の睡眠・生活習慣は，夜型と緊密な関係を持っているようである。夜型は交替制勤務では優れた耐性を示し，勤務配置計画では好ましい適性の一つとなっている。時差症状についても同様の理由から，回復が早い。これに対して，朝型は規則性に優れる反面，その堅さから変化の激しい生活環境では不適応に陥入りやすいことが指摘されている(石原1988[6], Ishiwara et al 1984[5])。従って，不規則型の生活習慣も一つの職業適性となりうるが，一方で，充分な回復休暇を組込んだ万全のシフト・スケジュール下でも夜勤病は発生しており，不規則な生活習慣を放置し，夜型の持つ耐性に期待をかけるのは正しくない。今回の結果では5～10％の学生に，睡眠・覚醒リズム障害の可能性が予測され，単なる個人差分類の範囲を越えた問題抽出に，本調査が機能していることが示唆される。

Fukuda et al (1987)[1]によると，大学生を対象にした調査では，金縛り体験の出現率は男子で37.7％，女子で51.4％，全体で43.0％であった。ASDCの定義によると，正常人における睡眠麻痺（家族性睡眠麻痺 Familial Sleep Paralysis, D. 4. e)[11]の出現率は，どんなに多く見積っても3～6％であろうとしている。今回の出現率は28.5％で，Fukudaら[1]よりかなり低い。これは，男子での出現率が思春期後半にある[2]ために，大学生よりも高専生（1～3年生）の方が出現率が低くなったのかもしれない。また，男子の出現率は女子よりも低い[2]。調査対象の大部分が男子であったことも，関係しているかもしれない。いずれにせよ，ASDCの予測水準をはるかに超えた出現率である。この違

いを充分に説明する理論や比較研究はない。民族差か，“金縛り体験”なる概念の相違つまり文化差であるかは，解っていない。しかし，この金縛り体験を心霊現象と考えたり，精神異常と結びつけて考える人に対して3人に1人が体験する，少なくとも我々の周辺では極く普通の心理体験であることを知らしめる資料として価値がある。

性差が明確な現象[2)]と言われているが，資料の制約から，この点の分析は今回，全く行なっていない。性差と経年変化については今後の課題として残された。

§5　おわりに

この調査は学生相談室の活動の一環として学生の生活実態を把握する一助になればと考え，61年度に実施したものである。学生の生活指導や学生相談のあり方について考えさせられる点をいくつか浮き彫りにすることができた。

今後は，夏休み前に調査し，夏休中に集計・分析を行い，調査結果をより早い時期に活用できる体制を整備し，毎年度実施していきたいと考えている。

謝辞　調査に御協力頂いた学級担任各位，集計処理の便宜を計って頂いた学生係長をはじめとする関係各位に深謝します。

参考文献

1) Fukuda K., Miyasita A., Inugami M. et al. 1987. High prevalence of isolated sleep paralysis: Kanasibari phenomenon in Japan. Sleep, 10 : 279-286.
2) 福田一彦　1988．発達期における睡眠時の異常行動と意識体験．堀　忠雄（編）不眠　同朋舎出版．
3) Hartman E., Baekeland F., Zwilling G. et al. 1971. Sleep need : how much sleep and what kind? Amer. J. Psychiat. 127: 1001-1008.
4) Horne J. A. & Östberg O. 1976. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. Inter. J. Chronobiol. 4: 97-110.
5) Ishihara K., Miyasita A., Inoue Y. et al. 1984. Validity of the Japanese version of the Morningness-Eveningness Questionnaire. Peropt Motor Skill. 59: 864-866.
6) 石原金由　1988．睡眠・覚醒リズムの障害と不眠，堀　忠雄（編）不眠　同朋舎出版．
7) Kripke D. F., Simons R. N., Garfinkel L. et al. 1979. Short and long sleep and sleeping. Its increased motality associated? Arch Gen. Psychiat. 36: 103-116.
8) 宮下彰夫　1984．睡眠の心理学．鳥居鎮夫（編）睡眠の科学　朝倉書店．
9) 宮下彰夫・石原金由・犬上牧他　1986．睡眠習慣に関する調査と健常者における睡眠中の直腸温，プロジェクト研究報告書，生体リズムの生理化学とその病態　(財)東京都神経科学総合科学研究所．
10) Monroe L. J. 1967. Psychological and physidogical differences between good and poor sleepers, J. Abnorm-Psychol. 72: 255-264.
11) 中沢洋一（編）睡眠・覚醒障害の臨床　医学書院．
12) NHK放送文化調査研究所　1986．昭和60年度　国民生活時間調査．日本放送協会．
13) 斉藤賢治　1983．子どもの生活とリズム．あゆみ出版．
14) Taub J. M. 1978. Behavioral and psychphysiological correlates of irregularity in chronic sleep routines. Biol. Psychol. 7: 37-53.
15) 上田雅夫・山崎勝男・石原金由・犬上牧他　1984．早稲田大学大学生の睡眠習慣と日常の睡眠感に関する調査結果．体育研究紀要　16: 43-51.
16) Webb W. B. 1979. Are short and long sleepers different? Psychol. Rep. 44: 259-264.
17) 吉田正晴　1987．フランスにおける修学リズムの研究と学校経営の革新．広島大学学校教育学部紀要Ⅰ，10: 1-15.

（昭和63年4月15日受付）

ジョウゼフ・コンラッド：
作家への苦しみとその作品について

(一般科目)　　田　邊　達　雄

Joseph Conrad : Period in the Throse of Birth as a Writer and His Works

Tatsuo TANABE

At the age of 33, Joseph Conrad went to the Congo, or the heart of Africa to take command of a river boat. During his stay there he not only worked through the hardship of the life in Africa but also got a lot of very meaningful experiences for his future. This period includes several significant events for the rest of his life as a writer. I have studied these facts biographically and at the same time how they influenced on his later novels.

1

Conradがアフリカから命からがらヨーロッパに戻ってきたのは1891年1月頃である，と考えられている。この当時の事をヒントにして著わしている作品 *Heart of Darkness* (1899)の主人公 Marlowが祖国に戻った時の様子では彼の健康状態までは触れていないけれど，唯一の彼の当時の様子を知ることができるものとしては1891年2月1日（？）頃の London に帰ってから Mme Marguerite Pradowska へ宛てた手紙がある。

> Having arrived here safely, I could hardly wait to run to the doctor, who , to begin with, sent me to bed —— because of my legs. He has completely reassured me about the general state of my health. I am somewhat anaemic, but all my organs are in good condition.
>
> 〔*The Collected Letters of Joseph Conrad* *p.*68〕

彼がここまで体調を悪化させた原因としては彼の *The Congo Diary* (1890) に生々しく描かれているような苦しみであり，*Heart of Darkness* の Marlow が Congo 河の奥地で眼のあたりにしてきたあの酸鼻をきわめる苛酷な体験であり，また，一方では文明社会と言う温室の中から荒野の真っ只中に放り出された白人のたどる精神的な崩壊そのままの惨めな白人の醜い欲望と争いを肌身に感じたことであろう。彼が'Before the Congo, I was mere an animal' (*Joseph Conrad: Life and Letters* p.141) と友人 Edward Garnett (1868-1937) に伝えたのは，まさにこうした貴重な体験に

もとづいて出た銘句であろう。一方で精神的，肉体的両面でアフリカの後遺症に悩まされながら，他方では相変わらず経済的な貧困にも苦しんでいた。1891年2月1日付の Mme Poradowska 宛の手紙の中でも就職口の依頼をしていることからみても，彼が商船士官，とりわけ船長職に執着していたことがうかがわれる。友人 C. F. W. Hope(= a director of the South African Mercantile Co.,)のヨットで Antwerp までも職を捜しに出かける計画を立てたり，また,実際に，はるばる Glasgow までも職捜しを目的とした航海をしていることからも，彼なりに必死に収入源にありつこうとして努力した様子が見える。しかし，こうしているうちにも彼の健康はますます悪化してしまい，ついに，同じ Mme Poradowska 宛の1891年2月27日の London からの手紙では彼が入院したことがわかる。

In bed ill , in hospital. Rheumatism in left leg and neuralgia in right arm. Thank you for your kindness. Shall write as soon as possible...

〔*The Collected Letters of Joseph Conrad* *p.* 72〕

短い内容の手紙ではあるがこの頃の彼としては精一杯の書くことのできる手紙であったと思われる。一方では相変わらず適当な船への就職口を捜しているが，健康の方はいっこうにすぐれないようであった。1891年5月1日付の Mme Poradowska 宛の手紙では5月の末にスイスへ水浴治療に行く計画したことがわかる。5月17日 London を出発，Folkestone-Boulogne を経由して Geneva の Champel にある La Roseraie に療養することにしている。これは彼が Mme Poradowska への療養期間中の発信地からはっきりわかっているが，この Champel について，彼が *A Personal Record* の中で，処女作品 *Almayer's Folly* の完成経過をつづった中に次のような箇所がある。

Geneva, or more precisely the hydropathetic establishment of Champel, is rendered for even famous by the termination of the eighth chapter in the history of Almayer's decline and fall.

〔*A Personal Record* *p.* 14〕

Conrad が水浴治療を試みるに至った過程には主治医の Dr. Ludwig の勧めがあったことが Tadeusz に宛てた3月30日付の手紙からうかがわれる。Tadeusz が Conrad へ書いた4月11日付の手紙の中にその様子が述べられている。

You have just informed of the recommendation made by Dr. Ludwig : that you should go to Switzerland. The fact that previously he had in mind the seaside makes me think that you are very exhausted and the hopes that the bracing air of the Swiss mountain will help you to recover your strength and put on some flesh. Some place like Interlaken or Righi-Culm. If that is the case then we must give up the thought of Kazimierowska...

Discuss it all, my dear boy, with the doctor. But do not insinuate anything yourself and do not give any erroneous mountains about the peculiarities of our climate.

〔*Joseph Conrad A Chronicle* *p.* 146〕

Tadeusz Bobrowski は同じこの手紙の中で，彼の治療費を送金し，さらに 6 月には再び200ルーブル送っていることがわかる。このように，Dr. Ludwig の強い勧めもあり，彼は Champel にいくのであるが，この日付についても，先述の Conrad から Mme Poradowska への手紙から推定される日付は後年の G. Jean-Aubry の 5 月21日に Champel に着いたとするのとは多少の食い違いがある。さらに G. Jean-Aubry が実際にこの療養所を訪れたことを *Joseph Conrad Life and Letters* の中で述べている。

> When I visited it in November, 1925, it had not changed from what it was when Con rad knew it. Dr. Glatz, who treated him on this occasion and when he was there a second time, died in 1906.
>
> 〔*Joseph Conrad Life and Letters* *p*. 145 *Footnote*〕

上記の引用文の中の訪問先は Hôtel-Pension de la Roseraie という Conrad が実際の宿泊をした所である。この保養所のある場所を G. Jean-Aubry はさらに次のように述べている。

> During his stay at Champel, which lasted until June 14th, he lived at the Hôtel Pension de la Roseraie. It was a square white house of three stories standing in a shady garden close to the river Arve, where the road runs along beside the river. Just at this point there is a kind of weir, and the steady sound of plunging water is pleasant to the ear. Beyond the river is Pinchat hill, and behind, against the horizon, rises the massive bulk of the Saleve. The plain is covered with scattered, low houses and sheds and the factories of Carougue. The bath-house is only a few steps from the hotel on a little eminence, and half an hour's walk along the Roseraie would take him into the centre of Geneva. The treatment and the air of this sheltered spot had immediately a good effect upon his health, and his spirits rapidly recovered.
>
> 〔*Joseph Conrad Life and Letters* *p*. 145〕

彼が Mme Poradowska に 6 月10日に書いた手紙では「14日夕方に出発して，15日には御地に到着するとはっきりとお伝え出来ます。」とあることから彼が 6 月10日には出発して Paris に伯母の Mme Poradowska を訪ねて 1 日後に London に戻ったことがわかる。Champel での療養期間中の彼にとって最も意義があったのは先述の *Almayer's Folly* の第 8 章の完成であろう。

2

船への就職については1891年 6 月 14 日付の Conrad の手紙の返事として Tadeusz Bobrowski は Conrad に1891年 6 月 27 日に手紙を出している。

> Now we must be careful not to allow your health to deteriorate and to find an acceptable position for you. If, as you say, you have had enough of Africa —— although I suppose the Niger is not the same as the Congo —— then you are right to have refused...
>
> 〔*Joseph Conrad A Chronicle* *p*. 147〕

Zdzistaw Najder はこの就職話についてさらに調査している。

> Bobrowski's mention of Korzeniowski having been offered employment in Nigeria is the only information on the subject we possess; possibly a small river steamer belonging to the Prince was to cruise up the Niger.
>
> 〔*ibid.*〕

叔父の文面から推測すると，Conrad はたとえアフリカの Congo 河と Niger 河とでは位置的にも気候風土もまったく異なることは十分知ってはいたが，Congo 河での体験に懲りたために即座に断ったと思われる。1891年6月22日のMme Poradowska宛の手紙によると，退院して体調は順調のようであり，友人の C. F. W. Hope 6月18日から5日間ヨットで航海している。また将来についての何かの計画を立てていたような箇所がある。その内容についてはまったくわかっていない。Tadeusz Bobrowski にも同じような相談があったと思われ，その返事としてこの叔父は Conradが父系の「夢想癖」の血筋を引いているとして，厳しく彼の性格的な欠点を戒めている。

> ...You permit yourself to be carried away by your imagination when laying plans —— you become an optimist, when you encounter disappointment, contrarities discourage you —— you easily fall into pessimism —— and as you have too much pride you suffer by reason of disappointments more than would suffer anybody with more moderate imagination and endowed with greater endurance in activity and relations. 〔*Joseph Conrad A Critical Biography* *pp*. 122－123〕

Tadeusz のこうした Conrad についての見方は Mersailles時代から常に変わっていないようである。この場合も叔父に意見を求めて，先述のような叔父からの厳しい返事を受け取ったが，もうその前に既に彼自身の気分は変わっていたのである。7月2日の Mme Poradowska 宛の手紙で「私の計画はまったく駄目でした。もう計画なんかするつもりはありません。だれも自分の運命から逃れることは出来ないのですね。」(*The Collected Letters of Joseph Conrad* p. 85)とのべている。F. R. Karl はこの一連の計画を「主として船長か，そうした船に関わるポストにつくためであろう。」(*The Three Lives* p. 85)と脚注で推測しているが，Jocelyn Baines は「職業の大転換」(*Joseph Conrad A Critical Biography* p. 123)と推測している。彼が文学に心をひかれていたことに関連して，Zdzistaw Najder は次のような興味あるエピソードを紹介している。

> ...We may guess, however, that Korzeniowski, as was his wont, spent over six months of his half-enforced inactivity making projects too diverse to allow for any directed concentration of energy.
>
> Among those projects and attempts may probably be included translating from the Polish about which occupation we read in a somewhat mysterious letter, hitherto unnoticed by biographers, written by Andrew De Ternant. Apparently Korzeniowski worked for about two months for an Oxford Street agency, is that Korzeniowski supposedly translated business letters from "Slavonic languages" into English. The work turned out to be unprofitable. What is more interesting, however, is that Korzeniowski supposedly translated into English some Polish short stories, which he

showed to Edgar Lee, the assistant editor of St. Stephen's Review (he was probably inspired by the example of Poradowska, who had rendered several tales into French). Mr. Lee, however, rejected the texts because, as De Ternant noted, "all of them were much too revolutionary for a Conservative weekly journal like the St. Stephen's Review."
〔*Joseph Conrad A Chronicle* *p*. 149〕

しかし，この翻訳業にしても，彼が本気に取り掛かろうとした気配はまったく見られず，Zdzistaw Najder 自身が言うように単なる憶測の域を脱するものではない。しかしながら，この頃彼は友人の C. F. W. Hope のヨットで1週間の航海をしているが，はたして，単に保養のためだけであったかどうかはわからない。その理由は1891年3月30日の Mme Poradowska 宛の手紙で，次のように Conrad が言っているところに見られる。

Thanks to your untiring kindness to me, the shipowners of the United Kingdom have bestirred themselves. I have received a letter from Mr. Knott of Newcastle who, at M. Pécher's request, is making some overtures to me command a steamer.
〔*The Collected Letters of Joseph Conrad* *p*. 74〕

Mr. Knott は Newcastle-upon-Tyne に住む，ヨーロッパとアフリカの間に航路を持つ小型貨物船の船会社である Prince Shipping Co., を経営する人物であり，M. Pécher は Antwerp で Knott の代理店に勤務する Pécher et Cie と言う人物である。Conrad が同年2月8日の Mme Poradowska 宛の手紙の中で「ひょっとすると来週，仕事のことで Antwerp へ友人の Hope 君とでかけることになるかもしれません。」(*The Collected Letters of Joseph Conrad* p. 70)と述べている事の裏付けになろう。また，これについて，G. Jean-Aubry は Conrad の言っている "these plans and projects" とは「はっきりとはわからないが，船長か，1等運転士になること」であろうと推測している（*The Sea Dreamer* p. 181)。ともあれ，彼が満足な就職先にめぐまれず悩んでいたことは確かである。それに伴う日常の生活も窮迫してきた。その上，アフリカ以来の体調のすぐれないことも重なって，次第に絶望感にとらわれ始めるという傾向は彼ならずとも誰でも陥る精神状態であろう。1891年7月8日の Mme Poradowska 宛の手紙ひとつとってみてもどちらかといえばむしろ精神的に高揚するとは決して思えないような言葉が次々と見られる。例えば，'sadness,' 'indignation,' 'injustice,' 'cruelty,' 'inevitable,' 'unfortunate,' 'victim,' 'grief,' 'sorrowful,' 'unaccomplished,' 'the despair,' 'useless,' 'loss,' 'the inexplicable,' 'cruelty of an invisible power,' 'inanimate things toward the destruction of an existence,' 'broken hearts,' 'the ordeal,' 'death,' 'misfortune,' 'wounds,' 'cruel experience,' 'dull solitude'というようなものである。もちろん，この手紙の内容は Mme Poradowska の義理の姉妹の Jeannette Poradowska の病状の悪化についての Mme Poradowskaの心痛に対する同情ともいえようが，それにしても英語に翻訳された文面の語数273語中46にものぼるこのような語句の割合はそのまま彼のこの当時の精神的絶望と憂鬱を象徴していると考えてもよかろう。

そうした失意の中で1891年7月30日の Mme Poradowska への手紙では「これから仕事をしようというときに再び病気になりました。マラリアが再発して胃にきました。がっかりです」(*The Collected Letters of Joseph Conrad* p. 88）と伝えている。その次の1891年8月5日の手紙では「昨日仕事をはじめました。当分の間は Messrs Barr, Moering の倉庫の管理です。この仕事に慣れたら London にいるつもりです。まだ毎日微熱は続いていますがたいしたことはありません。元

気がまだ取り戻せないだけです。すぐ疲れます。…」(*ibid.*)と伝えて，彼がやっと生活収入の道を見つけたことがわかる。この会社は以前から彼が Adolf Krieger の世話で出入りしている会社であることから，おそらくこのときも Krieger が彼を助けたと考えられる。もちろん，この頃 Conrad は Krieger に金銭的にも随分と助けられたばかりか，1881年に Krieger が結婚してからは少なくともその後5年間はこの夫妻の家に下宿している。このような親しい間柄からみると，この時の彼の就職についても Krieger が奔走したことは当然ありうる。Conrad は「だだっ広く，ちょっと埃っぽい倉庫」で仕事の合間には恐らく *Almayer's Folly* の原稿を書きながら，「夕方，家に戻るとぐったりして，ペンを手にするのもインク壷をみるのもおそろしいくらい」で，「考えるほどは楽しい仕事でもなく，嫌な仕事をするときにはあまり意気も上がらない」(*The Collected Letters of Joseph Conrad* p. 91)生活を続けた。

3

幼い頃からの彼の波瀾万丈にみちた生活と常に冒険を海に求める性格を考えると，この様な平凡な味気ない生活で彼がいかに苦しんでいたかは容易に想像できよう。彼は叔父や伯母の Mme Poradowska へは再三にわたる愚痴や鬱憤を手紙で晴らし，それに対して両者からは時には自分の子供であり，また時には友人であり，時には恋人のように忠告や激励のたよりを受け取っている。

> You are the first to whom I send news of my approaching departure. It happened suddenly. Yesterday afternoon I received a letter from an acquaintance of mine who commands the ship Torrens, offering me the first officer's berth. I accepted, and today (at 7:30 a.m.) I took over from my predecessor. Now it is past 10 p.m. I have just returned to my new lodgings out from my long day of work and feel like going to bed, but... to you first of all —— I must send you the great news.
>
> 〔*The Collected Letters of Joseph Conrad* *p*. 102〕

この手紙の中で言う'an acquaintance of mine who commands the ship Torrens' とは Captain Walker H. Cope というこの当時42歳の船長のことで，Conrad とは数年程度の知り合いであったがあまり深い交際はなかったようである。彼が知っていることといえば，W.H.Cope 船長が Conway の商船学校の出身で Torrens 号の船長をするまでに郵便船や，インドのベンガル湾に注ぐ Hooghly 河のパイロット・ボートに乗り組んでいたことくらいであった，と彼自身が1923年10月に *The Blue Peter* の中で述べている。(*Last Essays* pp. 26-27) さらに，Conrad が Torrens 号に乗り組むことになったいきさつについて次のように述べている。

> ...However, on hearing from his brother that I was ashore, he sent me word that the Torrens wanted a chief officer, as a matter that might interest me. I was then recovering slowly from a bad breakdown, after a most unpleasant and persistent tropical disease which I had caught in Africa while commanding a teamer on the River Congo. Yet the temptation was great. I confessed to him my doubts of my fitness for the post, from the point of view of health. But he said that moping ashore never did any one any good, and was very encouraging.
>
> 〔*Last Essays* *p*. 27〕

"Agreement and Accunt of Crew of Torrens, first voyage" (Cardiff の General Register and Record Office of Shipping and Seamen 発行) によれば Conrad は1891年11月19日に London で Torrens 号に乗船したことが記録されている (*The Sea Years of Joseph Conrad* p. 286)。そして，Jerry Allen の調査では，当時の彼の月給は1等運転士として8ポンドであったと言う。先述の *The Blue Peter* の中に載せていた記事や，*Last Essays* の中では *The Torrens: A Personal Tribute* の中で述べているように，Torrens 号については彼は相当に深い印象を持っていたのであろう。*Last Essays* の中で 'My two years in Torrens in my only professional experience of passengers' (p. 22) と述べているが，Torrens 号は客船であり，長い彼の船員生活の中で異色のものであった。この船についての記録は比較的残っているがここでは Jerry Allen の調査を中心に述べることにする。

Torrens 号は全横帆のクリッパー型の1,334トンの貨客船で1875年に Sunderland の James Laing で建造された。船主の A. L. Eder & Co という London の貿易会社はこの船をオーストラリア航路向けに建造した。船名はオーストラリアの政治家 Sir R. R. Torrens に因んで命名されたという。初代の船長は船主も兼ねた Captain Henry R. Angel で，15年間この船の指揮をとった。Torrens号の船首像 (figurehead) は彼の長女の Flores Angel をモデルにしていたといわれる。特に，Angel 船長時代の Torrens 号の華々しい記録としては Plymouth からオーストラリアの Adelaide まで64日という当時の最短航海記録を作ったことである。1875年から1903年までイギリス，オーストラリア間の貿易に従事した後は Genoa に本社のあるイタリアの Vittorio Bozzo and Giuseppe Mortora 社に売り渡されたが，その後，坐礁して解体の運命をたどるところを危うく，その美しい船姿のおかげで，修理されて，再び使用された。しかし，その後，再び坐礁してついに Genoa で1910年に解体されて35年の船の一生を終えたのである。

4

Conrad は Mme Poradowska へ喜びの手紙を出して3日後 London で Torrens 号に初めて乗船してその翌日の1891年11月20日に London を出帆して Adelaide に向かったが，そのときにかかった日数は100日で，1892年2月28日にやっと目的地に入港した。(Conrad は Mme Poradowska 宛には1892年3月5日に入港としているが，F. R. Karl は Conrad の記憶違いであるとしている。) Adelaide を1892年4月8日に出帆して Cape Town を1892年6月24日，St. Helena を7月14日にそれぞれ寄港して9月2日に London に入港している。この日付についても彼の下船証明書には1892年9月3日となっているが，彼が London から Poradowska へ1892年9月4日付で出した手紙では 'Having arrived the day before yesterday, I had the pleasure of reading your kind and charming letters this morning・・・' (*The Collected Letters of Joseph Conrad* p. 113) と伝えていることからこの日付は裏付けられる。実に147日間の気の遠くなるような航海を終えたのである。そして Torrens 号の1等運転士としての2度目の航海は1892年10月25日の London 出帆に始まり，10月31日に Plymouth，1893年1月30日に Adelaide に97日掛かって入港した。そして，3月23日に Adelaide を出帆5月18日に Cape Town に寄港し，7月27日に London に帰港している。このときには126日かかり，往復9ケ月の航海をしたことになる。この間も彼は相変わらず未完の *Almayer's Folly* の原稿を携えていた。また，Adelaide への航海中に船客として Henry Jacques という青年がいた。航海の間，Conradとは文学を論じたりしてよく話をしていたようであるが，この Henry Jacques 青年こそは Conrad にとっては終生忘れ得ぬ人になったことでもこの航海は実に有意義であったといえよう。それはこの青年が *Almayer's Folly* という Conrad にとって初めての文学作

品の最初の読者になったからである。このときの様子は *A Personal Record* の中で次のように述べられていてよく知られている。

> ... It would be on my part the greatest ingratitude ever to forget the sallow, sunken face and the deep-set, dark eyes of the young Cambridge man (he was a "passenger for his health" on board the good ship Torrens outward bound to Australia) who was the first reader of "Almayer's Folly" —— the very first reader I ever had. "Would it bore you very much reading a MS. in a handwriting like mine?" I asked him one evening on a sudden impulse at the end of a longish conversation whose subject was Gibbon's History. Jacques (that was his name) was sitting in my cabin one stormy dog-watch below, after bringing me a book to read from his own travelling store.
>
> "Not at all," He answered with his courteous intonation and a faint smile. As I pulled a drawer open his suddenly aroused curiosity gave him a watchful expression. I wonder what he expected to see. A poem, maybe. All that's beyond guessing now. He was not a cold, but a calm man, still more subdued by disease —— a man of few words and of an unassuming modesty in general intercourse, but with something uncommon in the whole of his person which set him apart from the undistinguished lot of our sixty passengers. His eyes had a thoughtful introspective look. In his attractive, reserved manner, and in a veiled, sympathetic voice, he asked:
>
> "What is this?" "It is a sort of tale," I answered with an effort. "It is not even finished yet. Nevertheless, I would like to know what you think of it." He put the MS in the breast-pocket of his jacket ; I remembered perfectly his thin brown fingers folding it lengthwise. "I will read it tomorrow," he remarked, seizing the door-handle, and then, watching the roll of the ship for a propitious moment, he opened the door and was gone. In the moment of his exit I heard the sustained booming of the wind, the swish of the water on the decks of the Torrens, and the subdued, as if distant, roar of the rising sea. I noted the growing disquiet in the great restlessness of the ocean, and responded professionally to it with the thought that at eight o'clock, in another half hour or so at the furthest, the top-gallant sails would have to come off the ship.
>
> Next day, but this time in the first dog-watch, Jacques entered my cabin. He had a thick, woolen muffler round his throat and the MS. was in his hand. He tendered it to me with a steady look but without a word. I took it in silence. He sat down on the couch and still said nothing. I opened and shut a drawer under my desk, on which a filled-up log-slate lay wide open in its wooden frame waiting to be copied neatly into the sort of book I was accustomed to write with care, the ship's log-book. I turned my back squarely on the desk. And even then Jacques never offered a word. "Well, what do you say?" I asked at last. "Is it worth finishing?" This question expressed exactly the whole of my thoughts.
>
> "Distinctly," he answered in his sedate veiled voice, and then coughed a little.
>
> "Were you interested?" I inquired further, almost in a whisper.
>
> "Very much!"
>
> 〔*A Personal Record* *pp*. 15−17〕

Conrad はいろいろのエピソードを *A Personal Record* やその他の随筆で紹介しているが，この H. Jacques との出会いで原稿を彼に読んでもらうために渡したとき「これは物語みたいなものですが，まだ全部は完成していないのです。」と言った時の不安と期待との入り交じった彼の気持，そして，翌日「で，どうでしたか。書き終えるだけの価値がありますかね。おもしろかったですか。」と聞いた，とある。しかもそれは「聞こえるかどうかわからないような小声で」聞いている。いかに彼の不安と期待が大きかったかうかがい知ることができよう。彼は Jacques から「とてもおもしろかったですよ」と言う嬉しい返事を貰ってあらためて作家への道を歩む決心がついたといってもよかろう。この意味からも Torrens 号でのこの航海が大きな意義を持っているのである。

結果的には Jacques 青年は Conrad の原稿を見たのを最後に自分の船室にとじこもって姿を見せなくなり船が Adelaide に入港して彼は下船する。そして 4 カ月後の1893年11月英国に帰って後，彼は死亡するという薄命であった。Conrad 自身もきびしい航海のために衰弱し健康を損ねたようである。同時に体調がすぐれないことが原因となったのかどうかははっきりしないが，精神的にひどく塞ぎ込み，将来へ対する不安の募っている様子は Mme Poradowska 宛の手紙に散見できる。

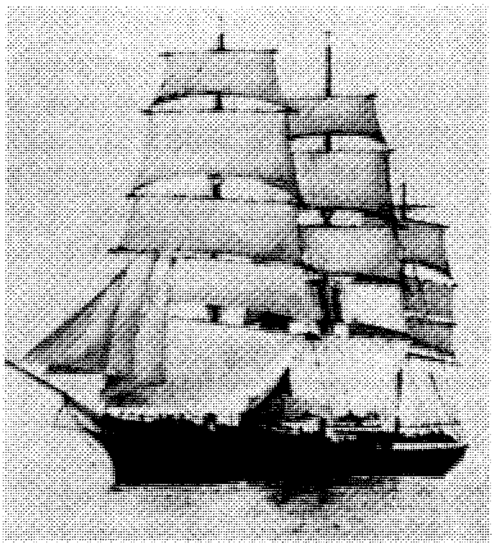
> Your letter has a cheerful tone. Mine would also but my health, which is not magnificent. I was severely indisposed for a fortnight before our arrival here. Reminders of Africa. So I am going to take a week's leave (beginning tomorrow) which I shall spend in the vicinity of Adelaide, where the higher ground enjoys a much cooler climate than the coast.
>
> I have neither plans nor projects very probably, upon my return, I shall go to see my uncle; in that event, we shall meet, my dear and kind aunt. If there is any obstacle, I shall be most annoyed, for I am set on this plan! I have cherished it for almost three years. It is the only speck of colour amid the uniform grey of existence. And this same existence begins to weary me a little. What causes this discouragement is not my current ill-health (for at the moment I feel much better) but the uncertainty of the future —— or, rather, the certainty of the 'uniform grey'awaiting me. I know very well that what I have just said —— and what I feel —— lacks dignity; but at least the feeling is ture —— it is not morbid, for I regard the situation without any bitterness. Doubtless, it would be more dignified to view it without breathing a word, but, to be sure, one cannot always remain perched on the stilts of one's principles. . . .
>
> 〔*The Collected Letters of Joseph Conrad p.* 125〕

1893年2月3日の上記の手紙から判断するかぎりでは彼は単なる「アフリカの後遺症」(Reminders of Africa) で片付けられる病気ではなくて，むしろ精神的な病気，もしくは一種のノイローゼとも考えられる，とする学者もいる。例えば，Z. Najder は彼の書簡の 'gris uniforme' (＝uniform grey) について「彼の憂鬱と苦しみがその体験や性格だけでなく，幻滅と世間の疎ましさの頽廃ムードから生じたことも考えられる。しかしながら，灰色と暗黒はいずれも失意の代表的な色彩である。

彼が Mme Poradowska へ書く手紙にはさらにもう一つ明確なモチーフがうかがわれる。すなわち，Conrad Korzeniowski の教養ある生活へのノスタルジアである。そして，さらに彼に適する環

境である幅広い知的な人々へのノスタルジアである。この航海で，叔父に対しても5回も手紙を出している。これはもう一つの淋しさのあらわれである。」(*Joseph Conrad A Chronicle* pp. 156-157) という解釈は，彼のこの当時の精神的な苦しみが非常に大きな部分を占めていたことを物語っている。

5



The *Torrens*

1893年3月23日に Torrens 号は Adelaide 港を出帆してLondonに向かった。このときの船客の中に2人の英国の青年がいて，偶然，1等運転士だった Conrad と話すようになった。結果的にはこのときの出会いは彼等の一生の友人になる宿命的なものになったのであるが，この青年の一人は Cambridge 大学を卒業したばかりの Edward Lancelot Sanderson で，もう一人はOxford 大学を卒業したばかりの John Galsworthy(1867-1933) であった。もちろん，John Galsworthy はまだイギリス文壇にもまったく無名で，作家になることさえ本人自身も思いもしていなかった時代である。ちょうど，往航のときの Jacques 青年の時と同じく1等運転士の Conrad は航海中の非番のときなど折りに触れては船客を相手に話す機会があって，彼等は次第に Conrad に打ち解けていったようである。John Galsworthy は後年，'Reminiscences of Conrad' という随筆を *Castles in Spain and Other Screeds* (1924) に載せてこの当時を回想している。

Conrad は航海中はいかにも楽しく船客を相手にさまざまの体験や見聞を語っている半面，Mme Poradowska に書く手紙には精神的に無気力な一面をのぞかしていて，彼の二面性が浮き彫りになっている。恐らく後者の無気力は彼の *Almayer's Folly* の進捗しないジレンマが大きく関係しているし，いわゆる「アフリカ病」と彼自らが称する体調のはかばかしくないことも原因になっている。しかし，彼が失業あるいは船で働かず陸にいるときに常に襲われる金策の心配がないことで，わずかに明るい面が前者の形となって表われて，表面的にすこし楽しい態度が見られたのであろう。また，生来，単調なことの苦手な Conrad にしてみると R. L. Stevenson をはるばるイギリスから Samoa 島まで訪ねていこうとしたほどの文学に興味を持つ青年たちのフレッシュな魅力に出会って嬉しかったのでもあろう。

1893年5月16日に Torrens 号は Cape Town に寄港して Galsworthy だけは下船している。結局，Adelaide から126日かかって1893年7月27日に London に入港したが，彼はその時すぐ下船していない。*Last Essays* の中の *The Torrens: A Personal Tribute* にはその下船の時の様子が述べられている。

> ...I joined her (= the Torrens 筆者注) a year afterwards, on the 2d of November, 1891, in London, and I ceased to "belong to her," as the saying is (it was a wrench), on the 15th of October, 1893, when, in London Dock, I took a long look from the quay

at that last of ships I ever had under my care, and, stepping round the corner of a tall warehouse, parted from her for ever, and at the same time stepped (in merciful ignorance) out of my sea life altogether.

〔*Last Essays p.* 26〕

Conrad は Cape Town から Mme Poradowska 宛に出した手紙の中で「昨日入港しました。明日は出帆します。7月末に London に帰る予定です。8月末，Paris 経由で Ukraine に行きたいと考えています。」(*The Collected Letters of Joseph Conrad* p. 127) と伝えているが，Torrens 号の入港から彼が下船した10月17日までの Torrens 号在籍期間中，Ukraine の Kazimierowska に叔父の Tadeusz Bobrowski を訪ねている。

1893年9月14日に Kazimierowska から Mme Poradowska 宛に出した手紙の中では叔父の健康を気遣って彼女にも知らせずにオランダ経由の最短のコースででかけたことの弁解をしている。また叔父のもとで5日間も病床に伏していたことも伝えている。London を出発した日付も不明であるが，London に戻ったのも彼が同じ上記の手紙の中で「9月末頃，どこにも立ち寄らずおそらくは Amsterdam を経由して London に戻る予定です。急いで帰って仕事口を探さなくてはなりません。もう Torrens 号を永久に去ってしまったものですから…」(*ibid.*) と記しているのが当時を知る唯一の手がかりである。

下船まで3か月近くの空白期間があったことについてもはっきりしたことはわかっていない。しかし，G. Jean-Aubry が *The Sea Dreamer* の中で，次のような憶測をしているのは興味深い。

...that the captain of the Torrens, probably disheartened at not being able to achieve the speed that had made his predecessor famous, had considered transferring to steamship, which would have given Conrad the chance of succeeding him. But back in London Captain Cope changed his mind, and some time later Conrad, who had now had enough, decided not to make a third voyage with him.

〔*The Sea Dreamer pp.* 193−194〕

1893年11月5日の Mme Poradowska 宛に出した手紙の差出住所は Victoria 駅の近くの Gillingham Street 17番地となっている。彼は *Almayer's Folly* の執筆を続ける傍らで，「意識は眠り込んで，月日がどんどんと過ぎていき，希望そのものはなくなってしまったように」(*The Collected Letters of Joseph Conrad* p. 131) 感じながら「手の付けられない無気力」(*ibid.*) に苛まれて，失業と，金銭的な貧困に苦しみ新たな職を必死に求めていた。

6

彼が Adowa 号に巡り会ったのはちょうどこのような時期であった。この船は1882年に Sunderland で Strand Slipway Co., 社が建造した 2,097 トンの鋼鉄汽船であった。1893年にあらたに結成された Franco–Canadian Transport Company が傭船した。船長は F. Paton であった。

Fenchurch Street にある Shipmaster's Society には Conrad は毎日のように決まって夕方には訪れていたようであるが，その年の11月のある午後，立ち寄ったときにその協会の秘書をしている Captain Froud からフランス語のできる2等運転士を求めている船の勤め口の話を持ちかけられたときの様子が *A Personal Record* に見られる。

...He (= Captain Froud 筆者注) explained to me that the ship was chartered by a French company intending to establish a regular monthly line of sailings from Rouen, for the transport of French emigrants to Canada. But, frankly, this sort of thing did not interest me very much. I said gravely that if it were really a matter of keeping up the reputation of the Shipmasters' Society, I would consider it. But the consideration was just for form's sake. The next day I interviewed the Captain, and I believe we were impressed favourably with each other. He explained that his chief mate was an excellent man in every respect, and that he could not think of dismissing him so as to give me the higher position; but that if I consented to come as second officer I would be given certain special advantages —— and so on.

〔*A Personal Record* *p*. 10〕

彼は Mme Poradowska へは1893年11月26日の London からの手紙で「明日出帆します。イギリスの汽船 Adowa 号へ乗船します。」と伝えているが，実際に傭船契約書を見ると，正式な乗船は11月29日であった。同じ *A Personal Record* の中でこの当時を回想している。

As far as my feelings were concerned, I did not wish to be in that steamer at that time and in those circumstances. And perhaps I was not even wanted there in the usual sense in which a ship "wants" an officer. It was the first and last instance in my sea life when I served ship-owners who have remained completely shadowy to my apprehension. I do not mean this for the well-known firm of London ship-brokers which had chartered the ship to the, I will not say short-lived, but ephemeral Franco-Canadian Transport Company. A death leaves something behind, but there was never anything tangible left from the F.C.T.C. It flourished no longer than roses live, and unlike the roses, it blossomed in the dead of winter, emitted a sort of faint perfume of adventure, and died before spring set in. But indubitably it was a company, it had even a house-flag, all white with the letters F.C.T.C. artfully tangled up in a complicated monogram. We flew it at our main-mast head, and now I have come to the conclusion that it was the only flag of its kind in existance. All the same, we on board, for many days, had the impression of being a unit of a large fleet with fortnightly departures for Montreal and Quebec as advertised in pamphlets and prospectuses which came aboard in a large package in Victoria Dock, London, just before we started for Rouen, France. And in the shadowy life of the F.C.T.C. lies the secret of that, my last employment in my calling, which in a remote sense interrupted the rhythmical development of Nina Almayer's story.

〔*ibid.* *p*. 6〕

Adowa 号は1893年12月4日に Rouen 港に停泊している。Conrad が12月6日に Mme Poradowska へ宛てた手紙では9日（土）に La Rochelle そして北米大陸の Halifax へと向かう予定であったことがわかる。しかし，12月18日の手紙ではやはり発送地は Rouen になっている。文面には，この F. C. T. C. なる傭船会社が船主との間で契約不履行などのトラブルを起こしていたためといわれる。このあたりは *Youth*(1898) に登場する Judea 号を連想させる。この船も修理で何日もドック入りし

てしまったので，とうとう「この土地の固定物であり，目印であり，名物」('a fixture, a feature, an institution of the place')(*Youth* p. 15)になってしまうが，そのあいだで船主と保険会社と傭船主は London でなかなか話が決着しないで紛争しているという箇所がある。船の目的地こそ Bangkok と Halifax で異なってはいるが，この当時の様子が重なりあった一つの例であろう。結局，紛争の結果 Adowa 号の目的地は Persian Gulf の方に変更されたともいわれるが，彼がMme Poradowska へ Suez 運河のパイロットの就職口の斡旋をしてくれる知人を紹介してほしいと伝えているのも，Conrad 自身が知らぬところでのこのようなゴタゴタに不安を抱き始めたからであろう。次の12月20日の手紙では Australia で真珠の養殖を手がけたいと言っている。一方ではひらきなおってこの船に乗っていると言いつつも，他方ではこうして下船してほかの職業につくことをあれこれと模索している様子がうかがわれる。その後，Mme Poradowska への手紙は12月25日，1894年1月1日のいずれも発送地はRouen である。そして 1894 年 1 月 9 日に「明日 Rouenを出帆して London に向かいます」と言う簡単な手紙を Mme Poradowska へ出してやっと Rouen を離れたのは1月10日のことである。そして，彼の下船証明書(Certificate of Discharge)によれば1894年1月18日に彼は London で下船の手続きをしている(*The Sea Years of Joseph Conrad* p.292)。しかしながら，このときは，Conrad 自身はまだ，これで船員生活をやめることになるとは夢にも思っていなかったようである。下船して2日後の1月20日の Mme Poradowska への手紙では「Adowa 号を離れなくてはならないことで私は実に困っています。ヨーロッパに近い場所に仕事があったことがとても便利でした。近いうちに長期航海に出るようになるのがとても気がかりです。」(*The Letters of Joseph Conrad* p. 145)と伝えているところを見ると，彼の海へ対するすてがたい気持ちが読み取られる。その後，彼は Gillingham Street 17番地から Mme Poradowska への手紙を出しているが(2月2日付)，内容は Poradowska の著した *Le fils Grandire* についての感想がかなりの量で占められている。おそらく，その間も彼は次に乗る船を捜していたとも考えられる。しかし，2月18日の Mme Poradowska への手紙では，それより前の2月11日に Tadeusz Bobrowski の後見人(wards)であり，遺言執行者の Tadeus Florkowski が Conrad へ2月21日に出した手紙のことを伝えたのである。

> ...We have sent you a telegram to London with the sad and painful news about the death of your dear uncle and our much regretted guardian, Tadeusz Bobrowski. It was an unexpected and terrible blow to us all. On Friday 9 February, he went to bed in good health and on Saturday 10 February he woke up and, feeling short of breath, called Jóś to rub him with alcohol ; then suddenly at 7 o'clock in the morning, with the last word 'attack,' his life ended.
>
> 〔*Joseph Conrad A Chronicle p.* 164〕

Conrad にとってはまさに晴天の霹靂であった。あまりのショックで数日床に伏したと述べているが，たしかに，幼くして両親に死別して少年時代から祖国を離れ，身寄りのない不安の毎日を送る Conrad 少年に対して実の親以上に精神的にも金銭的にも見守ってくれたこの母方の叔父に別れると言うことは彼にはやる場のない悲しみであったことは容易に想像できる。Poradowska 伯母に書いたこの同じ手紙の中で「まるで私の中のものがすっかりなくなったような気持ちです。」(*Life and Letters* p. 148)という言葉の中にすべてがこめられている。

傷心の彼を励まし続けるのは伯母の Mme Marguerite Poradowska であったようである。その後のこの伯母との手紙のやりとりから見るかぎりでは，彼の船への未練はなくなっている。もっぱ

ら *Almayer's Folly* の執筆の様子や，伯母の作品の感想，批評，そして，全般的な文学論など，彼の作家の基盤が次第に形成されている様子がうかがわれる。

＜参　考　文　献＞

Conrad, Joseph : *Tales of Hearsay and Last Essays*, 1955, J.M.Dent Sons Ltd., London.

Conrad, Joseph : *The Mirror of the Sea and A Personal Record*, 1960, J.M.Dent and Sons Ltd., London.

Conrad, Joseph : *Youth: A Narrative, Heart of Darkness, The End of the Tether*, 1971, Dent and Sons Ltd., London.

Allen, Jerry : *The Sea Years of Joseph Conrad*, 1965, Methuen & Co. Ltd., London, pp. 313－366.

Baines, Jocelyn : *A Critical Biography*, 1967, Weidenfeld and Nicolson, London, pp. 451－507.

Jean-Aubry, Gerard : *Joseph Conrad Life and Letters*, Volume I, 1927, Doubleday, Page & Co., New York, p.339.

Jean-Aubry, Gerard : *The Sea Dreamer: A Definitive Biography of Joseph Conrad*, 1957, George Allen & Unwin Ltd., London, pp. 286－321.

Karl, Frederick R. : *Joseph Conrad Three Lives, A Biography*, 1979, Faber and Faber, London, pp. 913－1008.

The Collected Letters of Joseph Conrad, Volume 1, 1861－1897, ed. Frederick R. Karl and Laurence Davies, 1983, Cambridge University Press, London, pp. 436－446.

Najder, Zdzislaw : *Joseph Conrad A Chronicle*, 1983, Cambridge University Press, Melbourne, pp. 495－647.

Sherry, Norman : *Conrad and His World*, 1972, Thames and Hudson, London, pp. 115－128.

（昭和63年4月15日受付）

工作実習におけるメカトロニクスの応用

（学生課）　山根光夫
大東由喜夫
（機械工学科）　高木健作

Application of Mechatronics to the Lesson of the Workshop Practice

Mituo YAMANE
Yukio ŌHIGASHI
Kensaku TAKAKI

Various Kinds of experiments have been made in order to raise more instructive effect on students by the use of a machine controlled by microcomputer. The results obtained are as follows:

1 The students have been classified into three groups : (1) the students who understand the lesson and show great interests in it, (2) the students who gradually understand the lesson, and (3) the students who show no interest in it at all.

2 What the students have understood from the practical application of mechatronics are (1) miniaturization of machines, (2) simplification of mechanism, and (3) economical efficiency.

§1　緒　言

技術教育の出発点は物を作る技能を修得させることであると考えると，作る喜びは自分の身体で憶えさせることが大切である。

しかし，今や工場ではメカトロ化，ロボット化，システム化等により著しい技術革新が進展している。このような実態を考える時，高専の工作実習における鋳型造り，熱間鍛造，ヤスリ掛け作業等の熟練を要する技術指導のどこまでが必要なのか。

高専卒業生が生産技術や設計に携わるのに必要以上に古い時代の技術を修得する時間的余裕はありそうもない。高度化された企業の技術水準を考えるとき，高専における工作実習の技術指導にもそれなりの対応が必要であり，近代化の必要にせまられている。

ＮＣ化時代の今日においてメカトロ化の必要性は認識できても，施設，設備の改善は容易に望めそうにない。

現場で可能な範囲の工夫をして，マイコンを機械に組み入れてメカトロ化を進め，身近な機器の製作によって技術の向上を図ることにした。今日，呉高専で行なっているメカトロ化の技術指導の状況

を紹介すると共に今後のあり方を考えて行きたい。

§2 製作にあたって

マイコン制御の機械を造るにあたって次の点を考慮して，重量選別機，自動切断機を製作した。

1) 学生が興味を持って取り組める
2) マイコンと機械要素の運動の制御関係が分かり易い
3) ソフトとハードの両方が勉強できる
4) 機械が主体である構造

また，それぞれの機器の動作に関するフローチャートが理解できて，それをマシン語に変換できるように考慮した。

§3 実習状況

本校で行っている工作実習は，木型・鋳造，鍛造，溶接，機械仕上，手仕上，制御機械に分類されている。**表1**に実習時間割当を示す。

表1 実習時間割表

(62年度)

ショップ / 学科・学年	木型鋳造	鍛造	溶接	機械仕上1	機械仕上2	手仕上	制御機械
M 1	15 h	15 h	15 h	15 h	6 h	9 h	15 h
M 2	15 h	15 h	15 h	15 h	6 h	9 h	15 h
M 3	15 h	15 h	15 h	15 h	9 h	6 h	15 h
E 3	5 h	5 h	5 h	5 h	5 h	0 h	5 h

(h=hour)

制御機械の実習は，各学年で次のように行っている。

第1学年 シーケンスキットを用いた制御実験を行っている。これはビデオを使い，その問いかけによってシーケンス図を描き，スイッチ，リレー，モートル，タイマ，カウンタ等を作動させるものである（この制御はマイコンを機械に組み込む時必要な技能)。

第2学年 NCフライス盤（日立NCM・V-31/FANUC220A）を用いて輪郭切削制御

第3学年 マイコンによる下記の機器の制御

表2 メカトロに関する学年別作業分類

(62年度 機械科)

<table>
<tr><th>学年</th><th colspan="2">制御内容</th><th>作業内容</th><th>時間</th></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="2">リレーシーケンス制御</td><td>キットを使用した駆動実験</td><td>15 h</td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2">NCフライス盤制御</td><td>輪郭切削作業</td><td>15 h</td></tr>
<tr><td rowspan="5">3</td><td rowspan="5">マイコン制御</td><td rowspan="3">ワンボードマイコン
(CPU Z—80)</td><td>エアーシリンダパネル動作</td><td rowspan="3">9 h</td></tr>
<tr><td>重量選別機駆動</td></tr>
<tr><td>自動切断機駆動</td></tr>
<tr><td>パソコン
(Z—80A)</td><td>CNC卓上旋盤駆動</td><td rowspan="2">6 h</td></tr>
<tr><td>ワンボードマイコン
(日立64180)</td><td>CNC卓上複合工作機駆動</td></tr>
</table>

(h=hour)

1）エアーシリンダパネルの作動（三玄精機製）
2）重量選別機の制御（筆者製作）
3）自動切断機の制御（　〃　）
4）ＣＮＣ卓上旋盤の駆動（ニットー科学製）
5）　〃　卓上複合工作機の駆動（コスモ機械製）

表２にメカトロに関する学年別の作業分類を示す。以下にワンボードマイコン制御によるエアーシリンダパネル，重量選別機，自動切断機について実習内容を報告する。

３・１　エアーシリンダパネル

図１にエアーシリンダパネルを示し，**図２**にそのシステム概要を，そして**表３**にその仕様を示す。このパネルは８個のリードスイッチと４組の電磁弁とエアーシリンダから成っていて，ワンボードマイコン（Ｚ－80）で制御できる。８個のリードスイッチは入力ポート側に接続，出力側にはインターフェースを介して４個の電磁弁が接続され，エアーシリンダを駆動させることができる。８個のリードスイッチを所定の動作条件に合致するようエアーシリンダの動作順序が種々に変化でき，さらにフローチャートもいろいろと変化さすことができる。

表３　エアーシリンダパネル仕様

名　称	容　量	個数
枠（パネル幅）	450 × 450 mm	
エアーシリンダ	7 kg／cm²	4 基
電　磁　弁	1.5～7 kg／cm²	4 個
リードスイッチ	D－80	8 個
減　圧　弁	0.5～7 kg／cm²	1 個

この装置の特徴はリードスイッチを８個使用しているので種々の条件の駆動が可能となり，動きの制御が複雑にできて駆動範囲が広くなる。エアーシリンダの動きは単純であるが，リードスイッチを複雑に動作させると，フローチャートの学習に大変有効である。

図３にフローチャートを示す。**(a)**図では全体の動きが把握でき，**(b)**図でマイコンの動きがわかり，マシン語に変換が可能である。

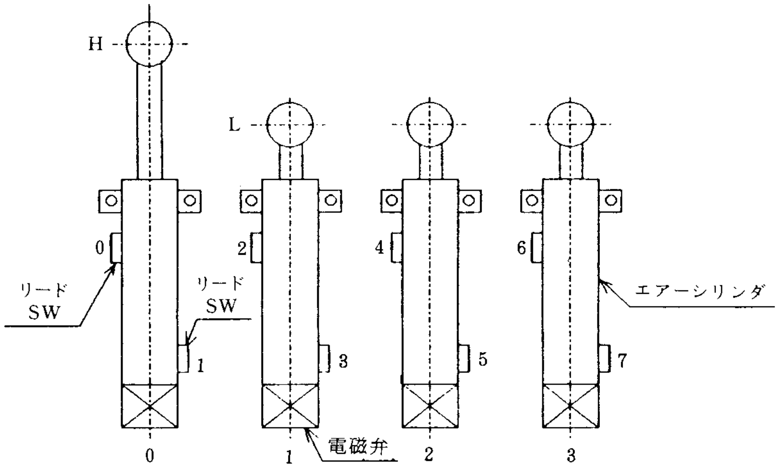


図１　エアーシリンダパネル

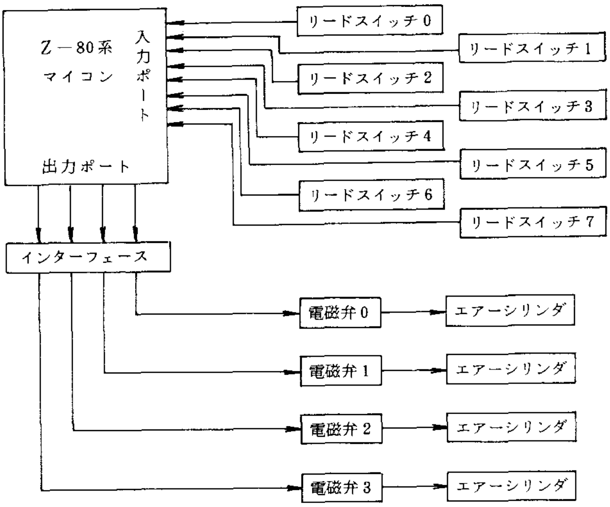
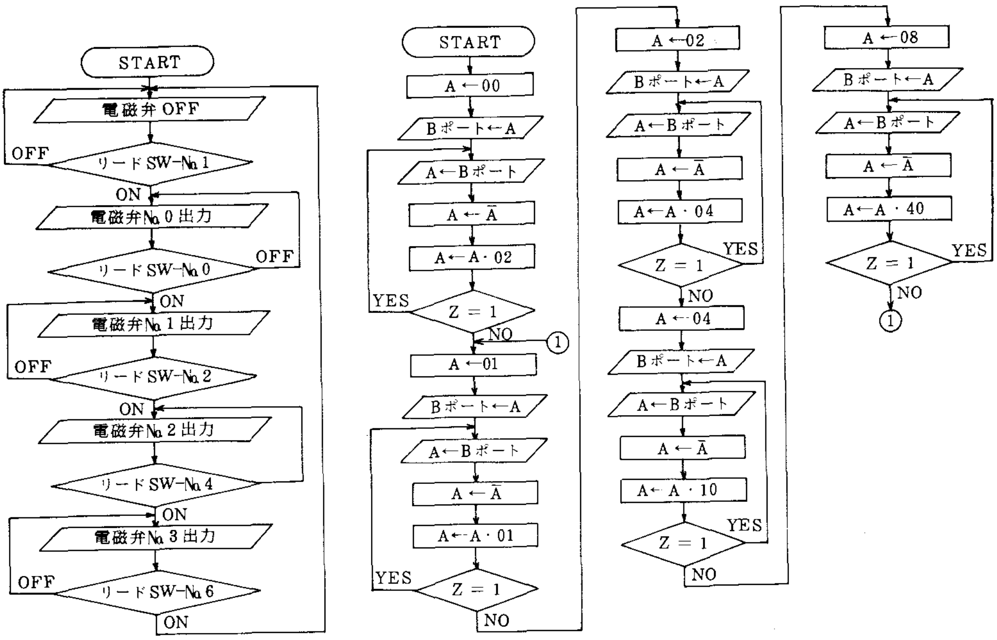


図2 エアーシリンダパネルシステム概要



(a) (b)

図3 エアーシリンダパネルのフローチャート

3・2 重量選別機

マイコン制御の重量選別機を製作するにあたり，構造が簡単で，動作が解り易く，機械要素と電気要素が理解し易いよう考慮した。

図4に重量選別機，**写真1**にその外観，**表4**にその仕様を示す。これは重量別に仕分けする機械でチェーンコンベアーに付いている上皿に錘を載せると，その重さに比例して上皿が下降し，途中でリ

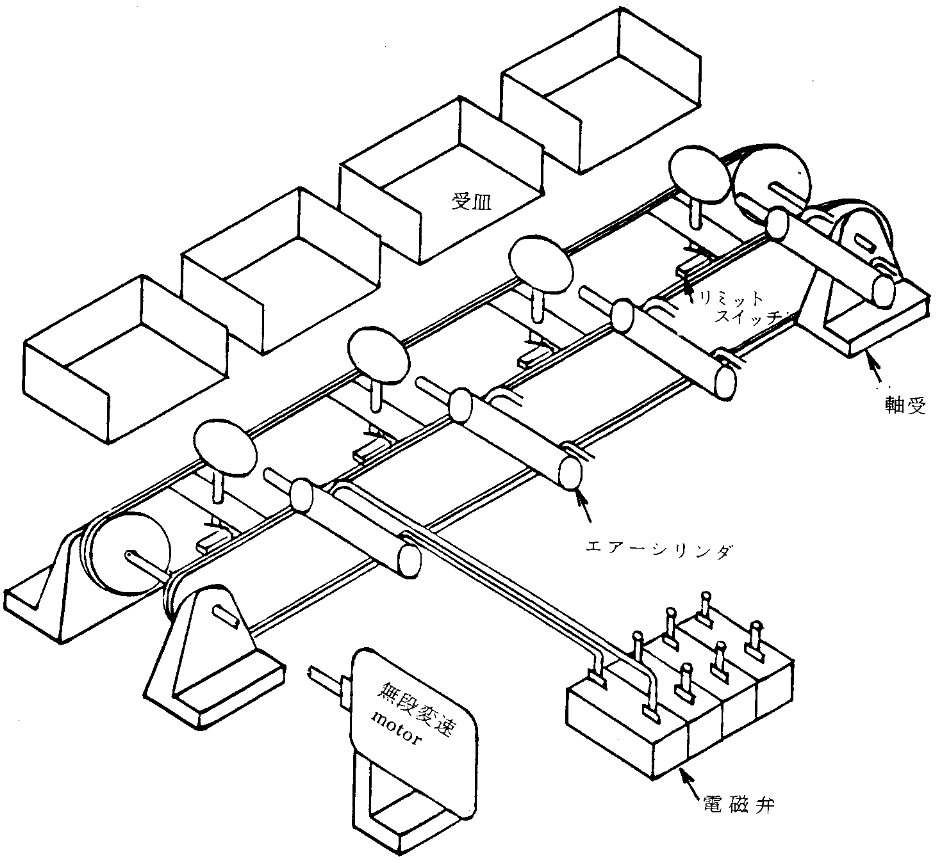


図4　重量選別機

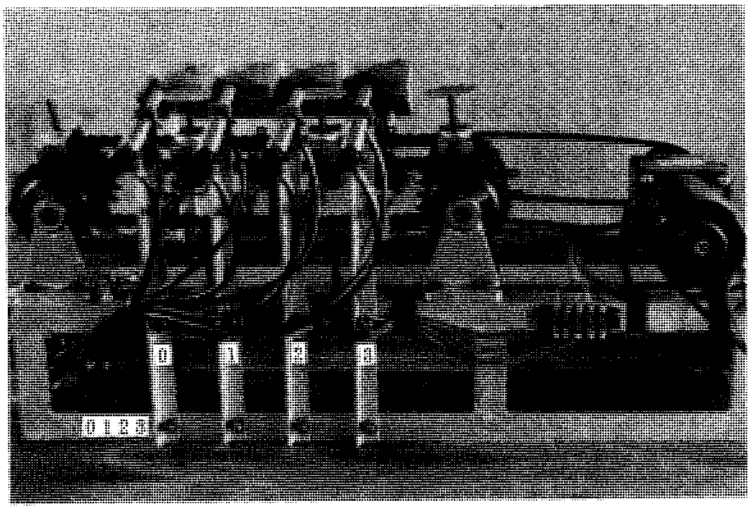


写真　1

ミットスイッチが押され，そのリミットスイッチ番号がマイコンに入力される。入力されたリミットスイッチ番号を読み取り，インターフェースを通して電磁弁に出力されるとエアーシリンダのピストンロッドに押され，錘は受皿に入れられる。

選別される錘の重量は50g，100g，150g，200gの4種類とした。また，錘の移動速度は無断変速とした。**図5**に選別機のシステムの概要を示す。この図よりマイコンへの入出力の関係が一見できる。

図6には選別機のフローチャートを示す。(**a**)図には全体の流れを示す。このマイコンのCPUはZ-80なので(**b**)図のフローチャートでマシン語に変換する。この図でマイコンの動きが理解できる。

この重量選別機の特徴を下記に示す。

1）構造が簡単である。

2）電気シーケンスとマイコンの両方の制御が学習できる。

3）初心者が興味を示し，理解し易い。

表4　重量選別機仕様

名　　称	容　　量	個数
枠	360 × 660 mm	
上　　皿	50 mm	8枚
選別重量	50,100,150,200g	4組
エアーシリンダ	7 kg／cm²	4個
電　磁　弁	1.5～7 kg／cm²	4個
インダクションモータ	40W, 100V	1台
リミットスイッチ	5 A, 125V	4個
減　圧　弁	0.5～7 kg／cm²	1個

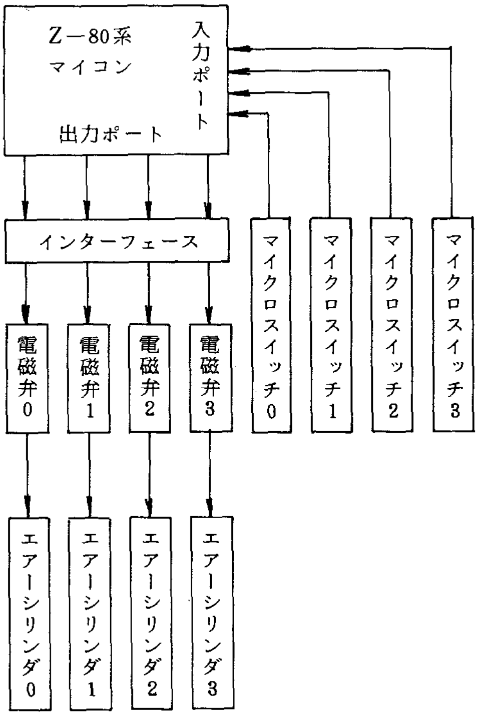


図5　重量選別機システム概要

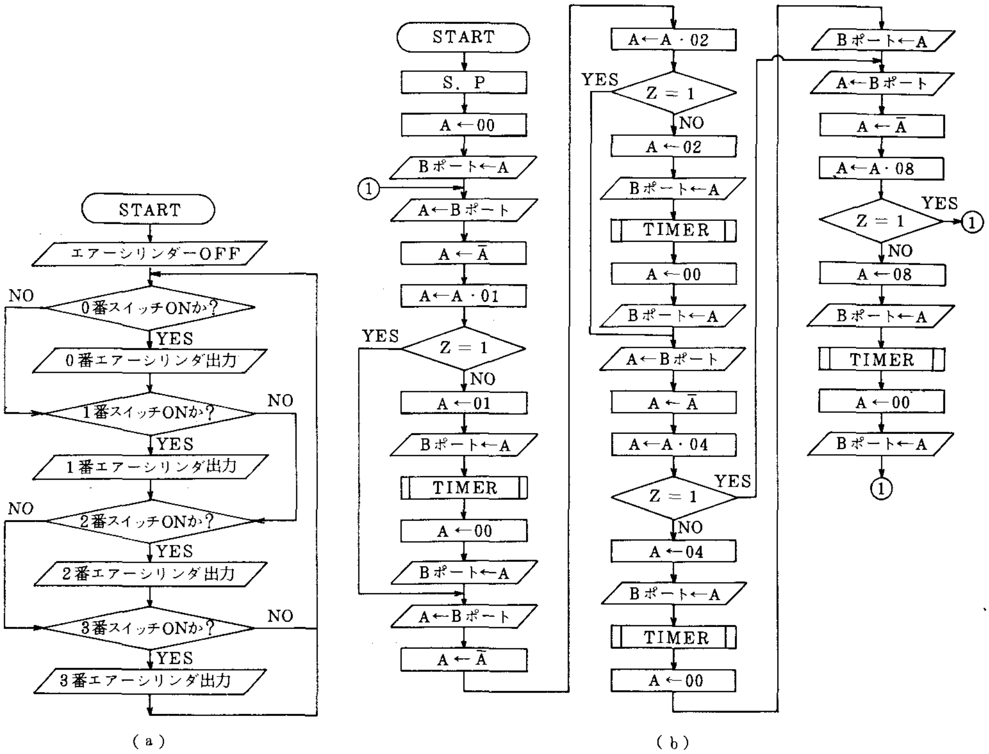


図6 重量選別機のフローチャート

3・3 自動切断機

機械とマイコンとの連結の関係を考えて，フローチャートを作りその動作を見て来た。次に実際機械として使用可能なマイコン制御機械として自動切断機を製作した。

3・3・1 構 造

この機械の構造と仕様をそれぞれ図7と表5に示す。この機械はステッピングモータを使い，丸材を任意の長さに切断が可能である（最大直径は約10mm)。ここではステッピングモータ（2台），インダクションモータ，電磁弁，マイクロスイッチをマイコンの指令によって駆動させる。

3・3・2 動 作

図8に切断機のシステム概要を，図9にはフローチャートを示す。

表5 自動切断機仕様

名 称	容 量	個数
枠	400 × 530 mm	
パルスモータ	DC5.5V, 1.25A	2台
ドライバー	1.1~1.5A/PHASE 0.9／STEP	2台
インダクションモータ	40W, 100V	1台
エアシリンダ	9.9 kg／cm²	1基
電 磁 弁	1.5～9 kg／cm²	1個
マイクロスイッチ	5A, 125V	1個
減 圧 弁	0.5～7 kg／cm²	1個

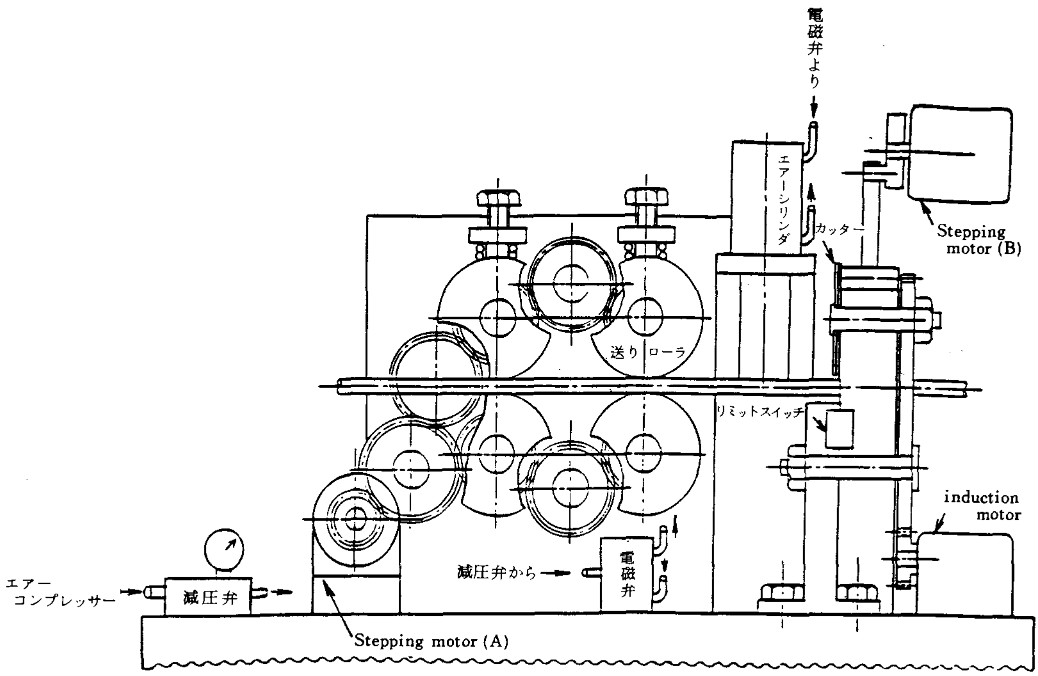


図7 自動切断機

この切断機の動作は

1) 入力ポートにリミットスイッチを接続し，このスイチがON指令されないと次の動作に進まないようにフローチャートが作られている。

2) 次にステッピングモータ(A)で送りローラを回転させて材料が送り出される。材料の突出長さはマイコンからの指令で制御できる。

3) 材料が送り出された後，電磁弁が開いてエアーシリンダが動き，材料が固定されると同時にインダクションモータが駆動し，カッターが回転する。

4) その後ステッピングモータが回転(右)し切断を開始する。そして一定角度回転して切断が終了すると，急速度で逆回転し，リミットスイッチがON作動されると回転を停止し，1行程を終了する。

図9の(**a**)図は全体の流れを示し，(**b**)図はマシン語変換のためのメインルーチンフローチャートを示す。**写真2**に自動切断機の外観を示す。

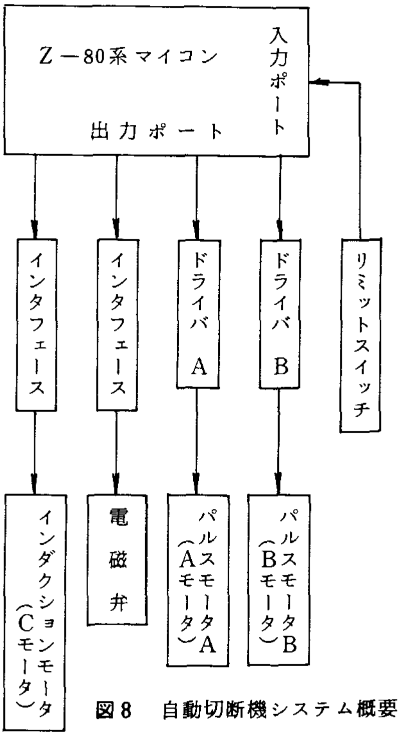
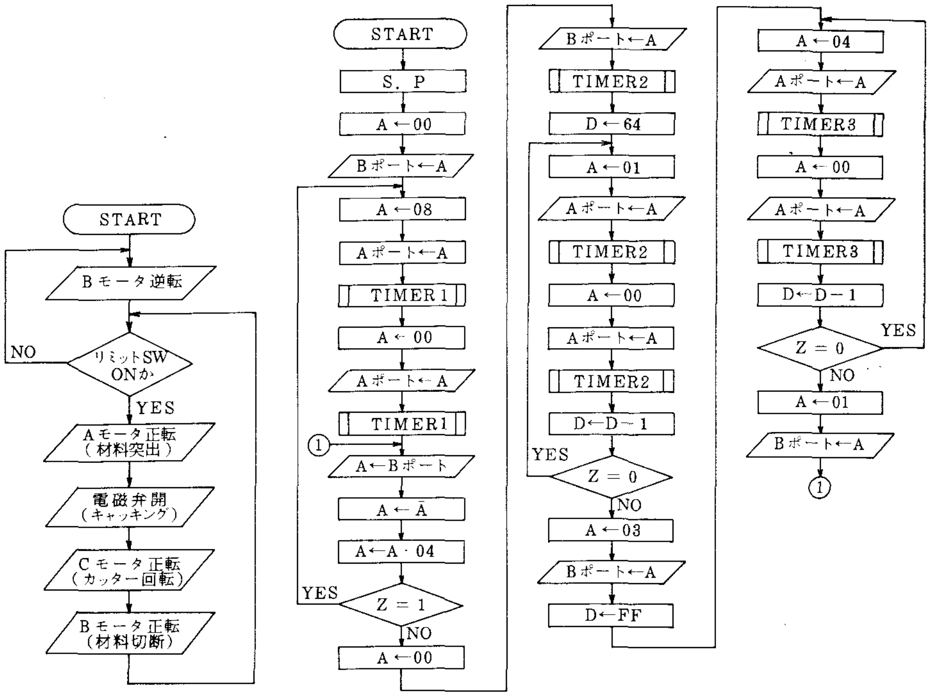


図8 自動切断機システム概要

3・3・3 寸法精度検査

自動切断機を用いて，⌀6㎜(穴径⌀4)のAlパイプ



(a)　　　(b)

図9　自動切断機のフローチャート

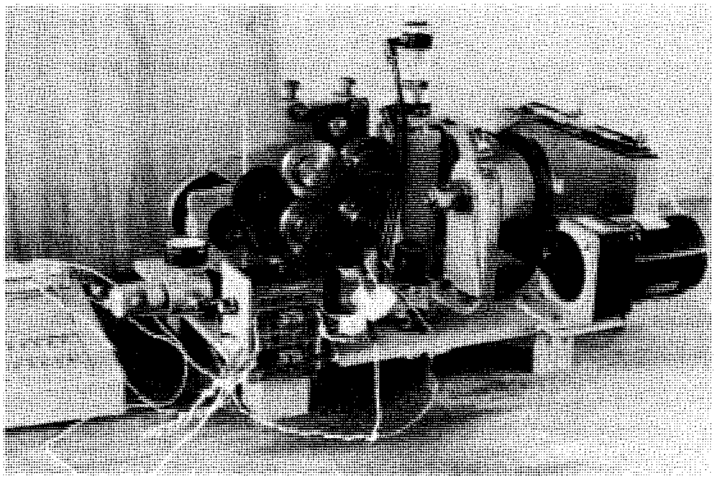


写真　2

を切断し，その長さ寸法のバラツキ検査を行った。

図10に切断長さと切断後の製品寸法のバラツキの関係を示す。切断長さが30mmで，最大バラツキ幅が0.08mmであることがわかる。このステッピングモータの1パルス当りの送り量が0.052 mmであるの

で，バラツキは2パルス内で納まることがわかった。よって1パルス当りの送り量を小さくすればバラツキ幅を減少させることができる。

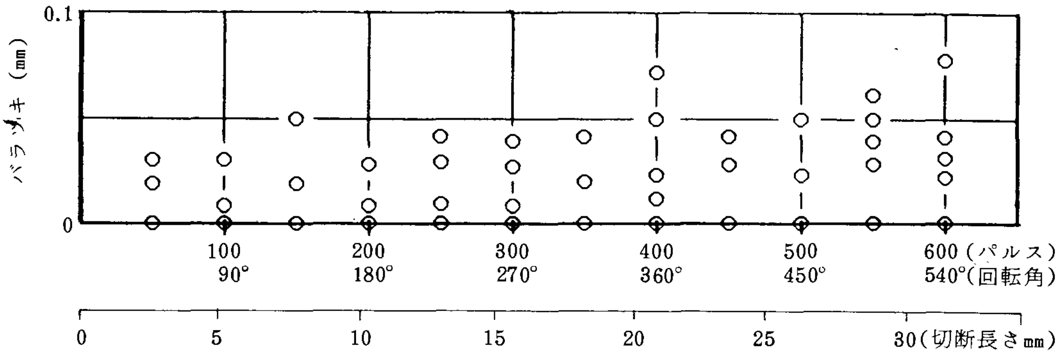


図10　切断長さと切断後の製品寸法の関係

3・3・4　特　徴

この切断機の特徴を下記に示す。

1）切断長さの制御はステッピングモータで行う（マイコンでパルス数を制御する)。

2）機械の構造とマイコンの連結が分かり易く把握できる。

3）ハードとソフトの関係が理解し易い。

4）駆動条件がマイコン制御の学習に役立つ。

§4　結　言

本校における工作実習では，メカトロに関する学習を，リレーシーケンス制御から始め，NC制御，CNC制御，マイコン制御（エアーシリンダパネル，重量選別機，自動切断機）の実習を行っている。その結果を次の3つのグループに分類できる。

1）大変興味を持って理解する者

2）徐々にではあるが興味を示し理解する者

3）興味を示さない者

なお，よく理解する者について調べてみると，自分でパソコンを所有して平素からパソコンになじんでいることがわかった。

以上のようにいろいろな制御機器を試作した結果

①マイコンを機械に組み込むことによって，機械が小型化できる。②構造が簡素化される。③簡素化，小型化，高速化できるため経済的に有利である。等を学生自らが認識できたと思う。

このようなメカトロ化に向けての試みはいくつも報告されている[1~3]。FA化が進みCAD・CAM化の中にあってさらに情報化社会へと大きく変化している現在，メカトロ化の技術は絶対避けて通ることができない。我々はより多くの学生がメカトロニクスに目を向け，この技術の実習が一歩でも社会のニーズに応えるよう努力を続けたい。

参考文献

1) 米沢工業高等学校機械科職員グループ：「実習用ＮＣ旋盤」自力製作レポート，応用機械力学，7 (1983), 112.
2) 松永秀春，松井一彦：日本設計製図学会中国支部講演論文集，NO. 5, 10.
3) 小森勝夫，外7名：高専教育，第9号 (1986. 3), 126.

（昭和63年4月15日受付）

小形変形蛍光ランプの電源による分光分布の変化

(電気工学科) 原田一彦
(電気工学科) 山崎 勉

A Change of a Spectral Distribution of a Compact Fluorescent Lamp by Power Sources

Kazuhiko HARADA
Tsutomu YAMAZAKI

Round fluorescent lamps which can be easily exchanged are made instead of incandescent lamps. Moreover some kinds of original compact fluorescent lamps, which are being developed on this occasion, are expected to be popular in the future.

This study is that a change of a spectral distribution of a compact fluorescent lamp is investigated by changing each voltage and frequency at the power sources of a sine wave and a rectanglar wave.

At the result, it is found that the spectral distribution of a fluorescent lamp with incandescent color is more stabilized than that of a three－band lamp and also that the spectral distribution is more stabilized lighting by the power source of a rectanglar wave than a sine wave.

§1 まえがき

蛍光灯が実用化されて50年になろうとしている。ランプの形状は，開発当初から当分の間直管形のみであったが，その後環形が作られ，我が国の住宅にマッチした照明器具とあいまって，かなりの普及をしているのが現状である。最近では，電球代替用としてE26口金を使用し，安定器，グロースタータ，又は電子点灯回路と蛍光ランプを一体化したものが実現している。さらに，電球代替用から脱して，独自の形状とそれにともなう器具が製作されている。環形蛍光灯が示すように，目的に適合した器具や照明方法が確立されれば，これらの小形変形蛍光ランプの普及は明るく，新しい照明方式の時代を迎えることになろう。

本研究は，これらの蛍光ランプを電源の条件を変えて点灯した場合の分光分布を測定し，その影響を検討したものである。

§2　小形変形螢光ランプの問題点

電球代替用としてスタートした小形変形蛍光ランプのランプ部は，くら形，分離ダブルくら形，U形，2本チューブ形および4本チューブ形などがあるが，コンパクト化のため管径を細くして放電路長を短縮している。また，封入ガス圧を高くしているので，254 nmの放射効率は若干低下する。一般のランプは，常温で最高効率となるように水銀蒸気圧が設定されているが，点灯回路を内蔵したランプは密閉されているので，温度が上昇して光束の低下，ランプ電流増大の原因となる。この対策としては，蛍光ランプの設計の段階で，ランプおよび点灯回路の温度上昇の抑制を考慮しなければならない。また，アマルガムを封入することにより温度が上昇しても，水銀蒸気圧を適正に制御できることを利用したランプも開発されている。[1] この場合，始動後の光束の立上り特性を良くするために補助のアマルガムを電極の近くに設けるのが普通である。[2] この立上り特性は，消灯後の経過時間に大きく依存し，この時間とともに光束立上り復帰時間が長くなり，光束の変動幅も大きい。この原因は，ランプ消灯中に補助アマルガムへ吸着した過剰水銀がランプ点灯後管内へ放出され，それらが主アマルガムへ戻るのに要する時間が，消灯時間とともに長くなるためである。[3]

電球代替用として，また，独立して飛躍的に普及するのには，大きさ，形，重量，点灯回路などの改善と，独自の器具および照明方式の開発が必要となろう。

照明設計をする立場からは，次のような要望がなされている。[4]

(1)　光源はコンパクトで適当な輝度を有すること。
(2)　周囲温度に左右されないこと。
(3)　使用制限のないこと。
(4)　非常用光源として使用許可の問題点。
(5)　ほこりのつかない構造であること。
(6)　光束は100 W白熱電球と比較して1000 ℓm以上であること。
(7)　電球代替用としては，3波長域発光形よりも電球色が適切である。

§3　実験と考察

実験に使用したランプは，T社電球形17Wの点灯回路が電子回路のものとチョーク形と，M社4本チューブ形のそれぞれ電球色と3波長域発光形である。電源は，60Hzの正弦波と矩形波で，電圧を100 Vと±6 V変えた場合と，両波形の100 Vで，周波数を50，55および65Hzにした状態とした。M社のランプの正弦波100 Vにおける分光分布は前回発表したが，[5] 今回は，これらの結果をパーソナルコンピュータを使用して，**表1**のような感度補正プログラムにより感度補正をしたもので検討をすることとした。

表1　感度補正プログラム

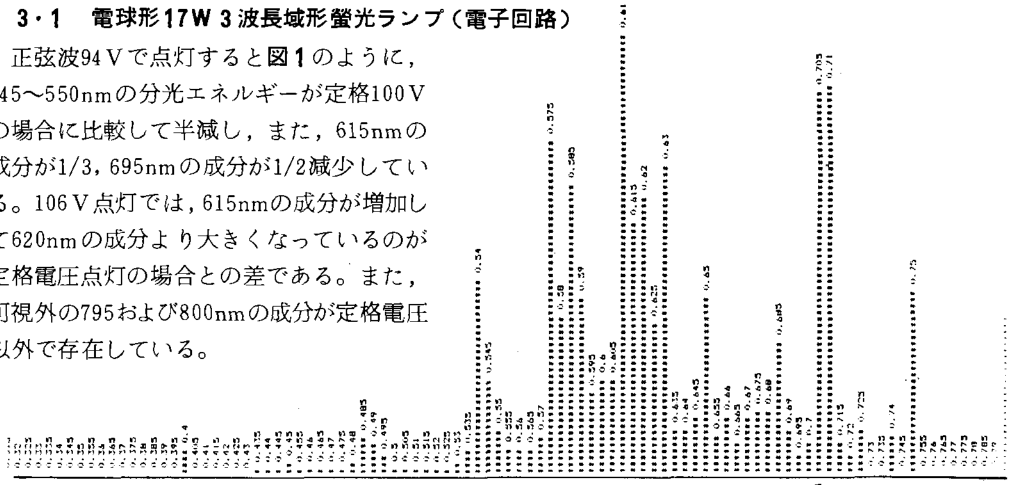
```
10    // CALIBRATION PROCESSING OF RELATIVE SPECTRAL SENSITIVITY  WITH W-LAMP /
/
20       DIM Y(100) , Z(100) , D7(100) , D3(100) , R(100) , C(100)
30       OPEN "FOUT" AS FILE 3
40       DIM E(13) , B(12)
50       LET A1 = 11908.6
60       LET A2 = 14387
70       INPUT "TEMPERATURE IN KELVIN  " , T , "SLIT-WIDTH IN MM  " , S
80       LET N0 = 100
90       LET N = 0
100   // .REPEAT  //
110      LET X = 0.3+0.005*N
120      LET S0 = 0.0008*S
130      LET T0 = 0.005*(T-2600)
140      GOTO  260
150   ///
```

```
160       IF X <= 0.4 THEN
     :      GOSUB  570
     :    ELSE
     :      GOSUB  640
170       GOTO  420
180   ///
190       IF X <= 0.294 THEN
     :      LET Y2 = 0
     :    ELSE
     :      GOSUB  670
200       LET Y0 = A1*50/X/X/X/X/X/(EXP(A2/X/T)-1)
210       PRINT X , Y0 , Y1*Y0 , Y0*Y1*Y2
220       LET Y(N) = Y0*Y1*Y2
230       LET N = N+1
240       IF N <= N0 THEN GOTO  100
250       GOTO  730
260   // TUNGSTEN RIBBON DATA //
270       LET E(0) = 0
280       LET E(1) = 0.35
290       LET E(2) = 0.416-0.006*TO
300       LET E(3) = 0.461-0.005*TO
310       LET E(4) = 0.464-0.003*TO
320       LET E(5) = E(4)
330       LET E(6) = 0.451-0.003*TO
340       LET E(7) = 0.438-0.004*TO
350       LET E(8) = 0.423-0.004*TO
360       LET E(9) = 0.404-0.004*TO
370       LET E(10) = 0.386-0.003*TO
380       LET E(11) = 0.371-0.003*TO
390       LET E(12) = 0.353-0.001*TO
400       LET E(13) = 0.339-0.001*TO
410       GOTO  150
420   // LIME GLASS DATA //
430       LET G(0) = 0
440       LET G(1) = 0
450       LET G(2) = 0.03182
460       LET G(3) = 0.16818
470       LET G(4) = 0.37571
480       LET G(5) = 0.57143
490       LET G(6) = 0.73286
500       LET G(7) = 0.81846
510       LET G(8) = 0.87385
520       LET G(9) = 0.87692
530       LET G(10) = 0.89538
540       LET G(11) = 0.9
550       LET G(12) = 0.9143
560       GOTO  180
570   // TUNGSTEN RIBBON EMISSITIVITY //
580       LET I = INT(20*X+0.0001)-3
590       IF I = 1 THEN GOTO  620
600       LET Y1 = 20*(E(I+1)-E(I))*(X-0.05*(I+3))+E(I)
610       RETURN
620       LET Y1 = (E(2)-E(1))*(X-0.232)/0.018+E(1)
630       RETURN
640       LET I = INT(10*X+0.0001)-3
650       LET Y1 = 10*(E(I+5)-E(I+4))*(X-0.1*(I+3))+E(I+4)
660       RETURN
670   // LIME GLASS TRANSMITTANCE //
680       IF X >= 0.45 THEN
     :      LET Y2 = G(12)
     :      RETURN
690       LET I = INT(100*X+0.0001)-28
700       IF I >= 11 THEN
     :      LET Y2 = 0.0143*(3-0.39)/0.06+0.9
     :      RETURN
710       LET Y2 = 100*(G(I+1)-G(I))*(X-0.01*(I+28))+G(I)
720       RETURN
730       INPUT "750-R316 OR 300-R292 ? 7/3" , O$
740   // DATA SET //
750       RESTORE  800
760       FOR K = 0 TO 100
770         READ D7(K)
780       NEXT K
```

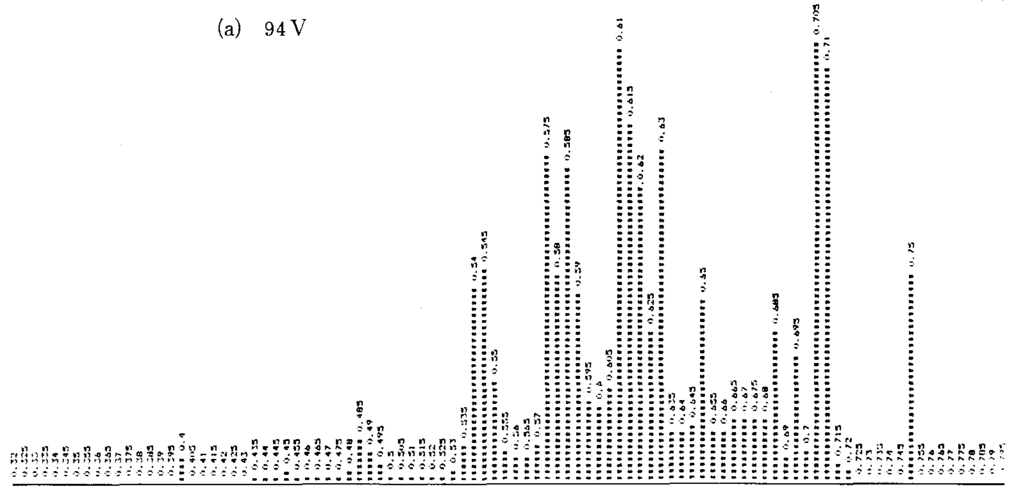
```
790    // R316(1000V[8.20] 750NM LA1.0X100mV //
800        DATA 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 8 , 9 , 10 , 11 , 13 , 15 , 18 , 20 ,
22 , 25 , 29 , 32 , 37 , 38
810        DATA 26 , 24 , 33 , 36 , 35 , 34 , 32 , 31 , 29 , 27 , 26 , 26 , 26 ,
26 , 26 , 27 , 23 , 22 , 23 , 24
820        DATA 25 , 26 , 25 , 24 , 22 , 21 , 21 , 21 , 20 , 20 , 20 , 19 , 18 ,
17 , 16 , 16 , 17 , 17 , 16 , 15
830        DATA 15 , 15 , 14 , 14 , 14 , 14 , 14 , 14 , 14 , 13 , 11 , 11 , 11 ,
11 , 10 , 10 , 10 , 10 , 10 , 10
840        DATA 10 , 10 , 10 , 10 , 10 , 10 , 10 , 10 , 10 , 10 , 10 , 10 , 11 ,
11 , 11 , 11 , 11 , 12 , 12 , 12
850    // EXPERIMENTAL DATA PROCESSING //
860        INPUT "DATA SET ? Y/N " , Q$
870        IF Q$ = "N" THEN GOTO  960
880        INPUT "WAVELENGTH MICRO-METER LOWER & UPPER LIMIT " , L1 , L2
890        LET N1 = INT(200*(L1-0.3)+0.0001)
900        LET N2 = INT(200*(L2-0.3)+0.0001)
910        LET J = N1
920        INPUT "EXPERIMENTAL DATA INPUT" , Z(J)
930        PRINT 0.005*(J+60) , Z(J)
940        LET J = J+1
950        IF J <= N2 THEN GOTO  920
960    //  PRINT OUT  //
970        LET R0 = 0
980        FOR K = 0 TO 100
990          IF Y(K) = 0 THEN
     :         LET R1 = 0
     :         LET D0 = 0
     :         GOTO  1010
1000         LET R1 = D7(K)/Y(K)
     :       LET D0 = D7(K)
1010         IF R1 > R0 THEN
     :         LET R0 = R1
1020         PRINT 0.005*K+0.3 , Y(K) , D0 , R1
1030       NEXT K
1040   // NORMALIZATION IN PERCENT  //
1050       FOR K = 0 TO 100
1060         LET R1 = D7(K)
1070         IF Y(K) = 0 THEN
     :         LET R(K) = 0
     :       ELSE
     :         LET R(K) = R1/Y(K)/R0
1080         PRINT 0.3+0.005*K , Y(K) , R(K) , 100*R(K)
1090       NEXT K
1100       INPUT " RELATIVE CALIBRATION ? Y/N" , Q$
1110       IF Q$ = "N" THEN GOTO  1280
1120       LET Z1 = 0
1130       FOR K = 0 TO 100
1140         IF R(K) = 0 THEN
     :         LET Z0 = 0
     :       ELSE
     :         LET Z0 = Z(K)/R(K)
1150         IF Z0 > Z1 THEN
     :         LET Z1 = Z0
1160         LET C(K) = Z0
1170         PRINT 0.3+0.005*K , Z(K) , Z0
1180       NEXT K
1190       INPUT "  MAKE A PICTURE ? Y/N " , Q$
1200       IF Q$ = "N" THEN GOTO  1380
1210       FOR K = 0 TO 100
1220         LET L = INT(70*C(K)/Z1)
1230         FOR J = 1 TO L
1240           PRINT #3 ; "*" ;
1250         NEXT J
1260         PRINT #3 ; 0.3+0.005*K
1270       NEXT K
1280   // FIGURE //
1290       INPUT " MAKE A PICTURE ? Y/N" , Q$
1300       IF Q$ = "N" THEN GOTO  1380
1310       FOR K = 0 TO 100
1320         LET L = INT(70*R(K))
1330         FOR J = 1 TO L
1340           PRINT #3 ; "#" ;
1350         NEXT J
1360         PRINT #3 ; 0.3+0.005*K
1370       NEXT K
1380       INPUT " TRY AGAIN ? Y/N " , Q$
1390       IF Q$ = "Y" THEN GOTO  850
1400       CLOSE 3
1410       END
```

3・1　電球形17W 3波長域形蛍光ランプ（電子回路）

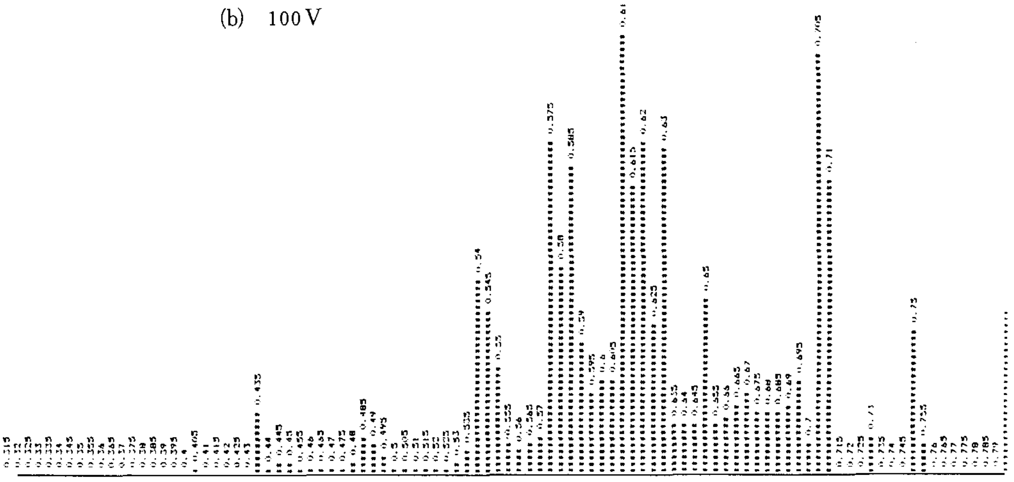
正弦波94Vで点灯すると図1のように，545〜550nmの分光エネルギーが定格100Vの場合に比較して半減し，また，615nmの成分が1/3，695nmの成分が1/2減少している。106V点灯では，615nmの成分が増加して620nmの成分より大きくなっているのが定格電圧点灯の場合との差である。また，可視外の795および800nmの成分が定格電圧以外で存在している。



(a)　94V



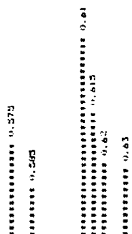
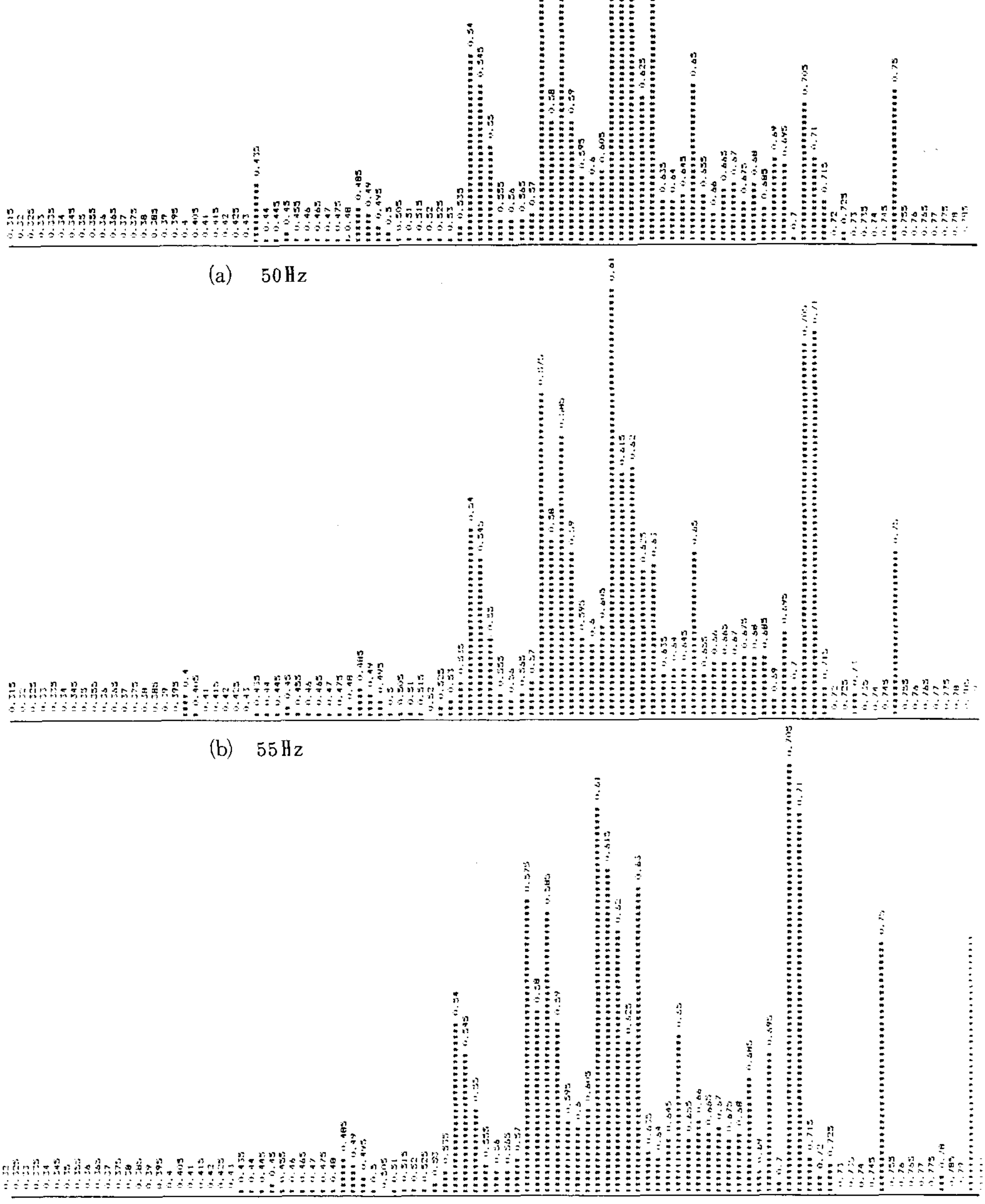
(b)　100V



(c)　106V

図1　電球形3波長域形（電子回路）蛍光ランプの分光分布の電圧特性（正弦波60Hz）

電圧を100Ｖのままで周波数を変えると**図2**でわかるように，50および65Hzでは可視外の795nmの分光エネルギーが急増する。55Hzでも同様であるが，さらに630nmの成分が約2倍に増加している。可視領域では周波数の変化には安定している。

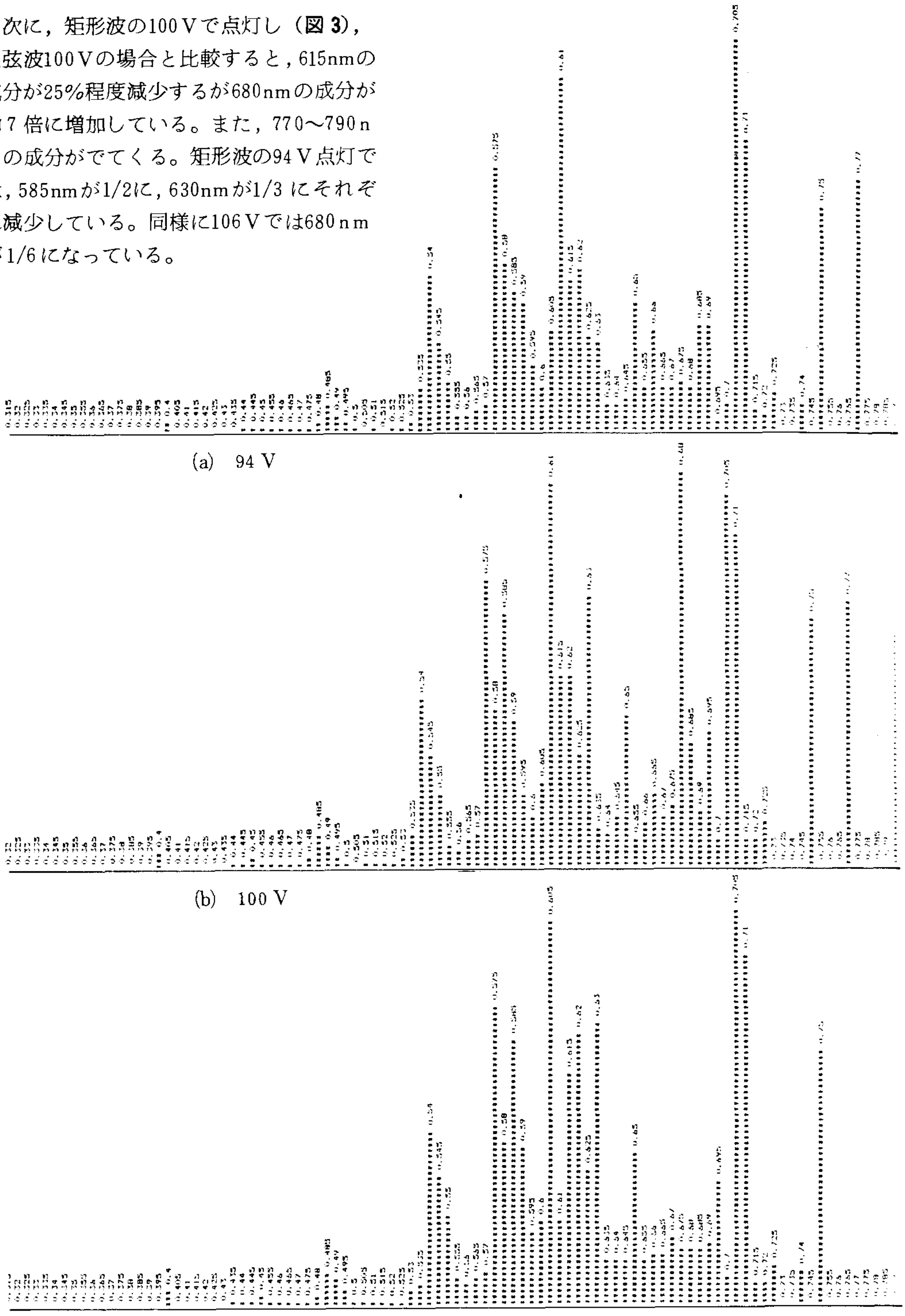
(a)　50Hz

(b)　55Hz

(c)　65Hz

図2　電球形3波長域形（電子回路）蛍光ランプの分光分布の周波数特性（正弦波）

次に，矩形波の100Ｖで点灯し（**図 3**），正弦波100Ｖの場合と比較すると，615nmの成分が25％程度減少するが680nmの成分が約７倍に増加している。また，770～790nmの成分がでてくる。矩形波の94Ｖ点灯では，585nmが1/2に，630nmが1/3にそれぞれ減少している。同様に106Ｖでは680nmが1/6になっている。



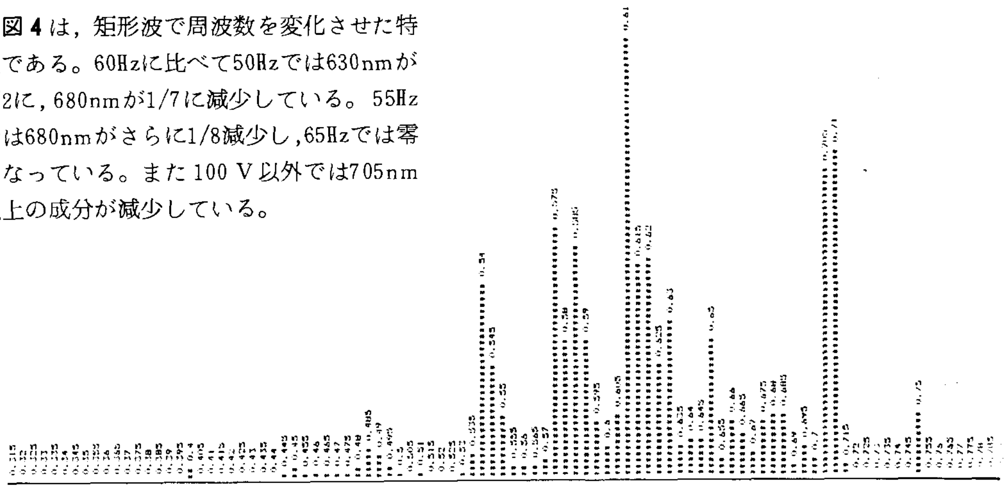
(a) 94 V

(b) 100 V

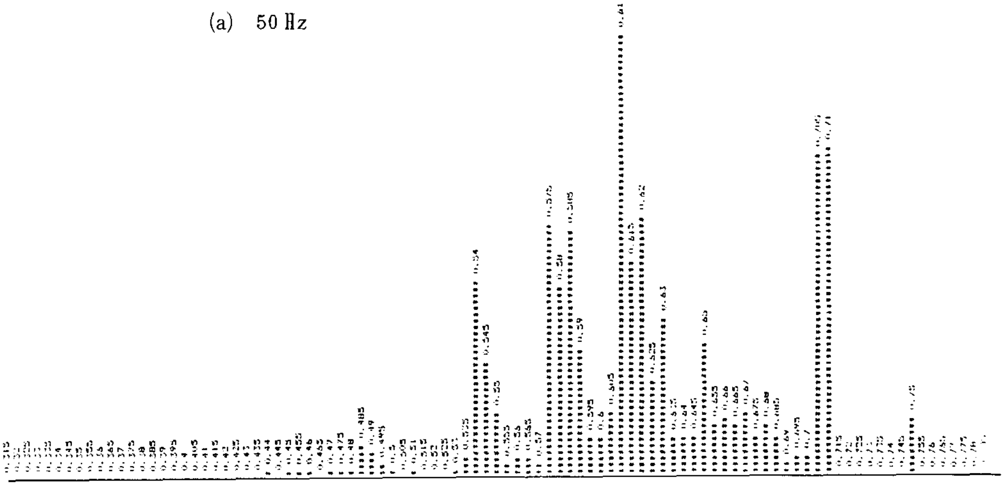
(c) 106 V

図３ 電球形３波長域形（電子回路）蛍光ランプの分光分布の電圧特性（矩形波 60Hz）

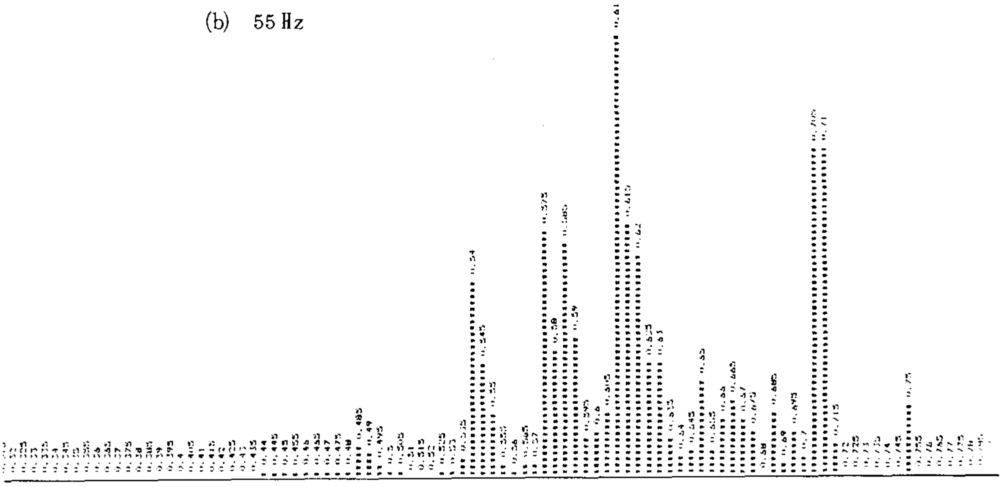
図4は，矩形波で周波数を変化させた特性である。60Hzに比べて50Hzでは630nmが1/2に，680nmが1/7に減少している。55Hzでは680nmがさらに1/8減少し，65Hzでは零となっている。また100V以外では705nm以上の成分が減少している。



(a) 50 Hz



(b) 55 Hz

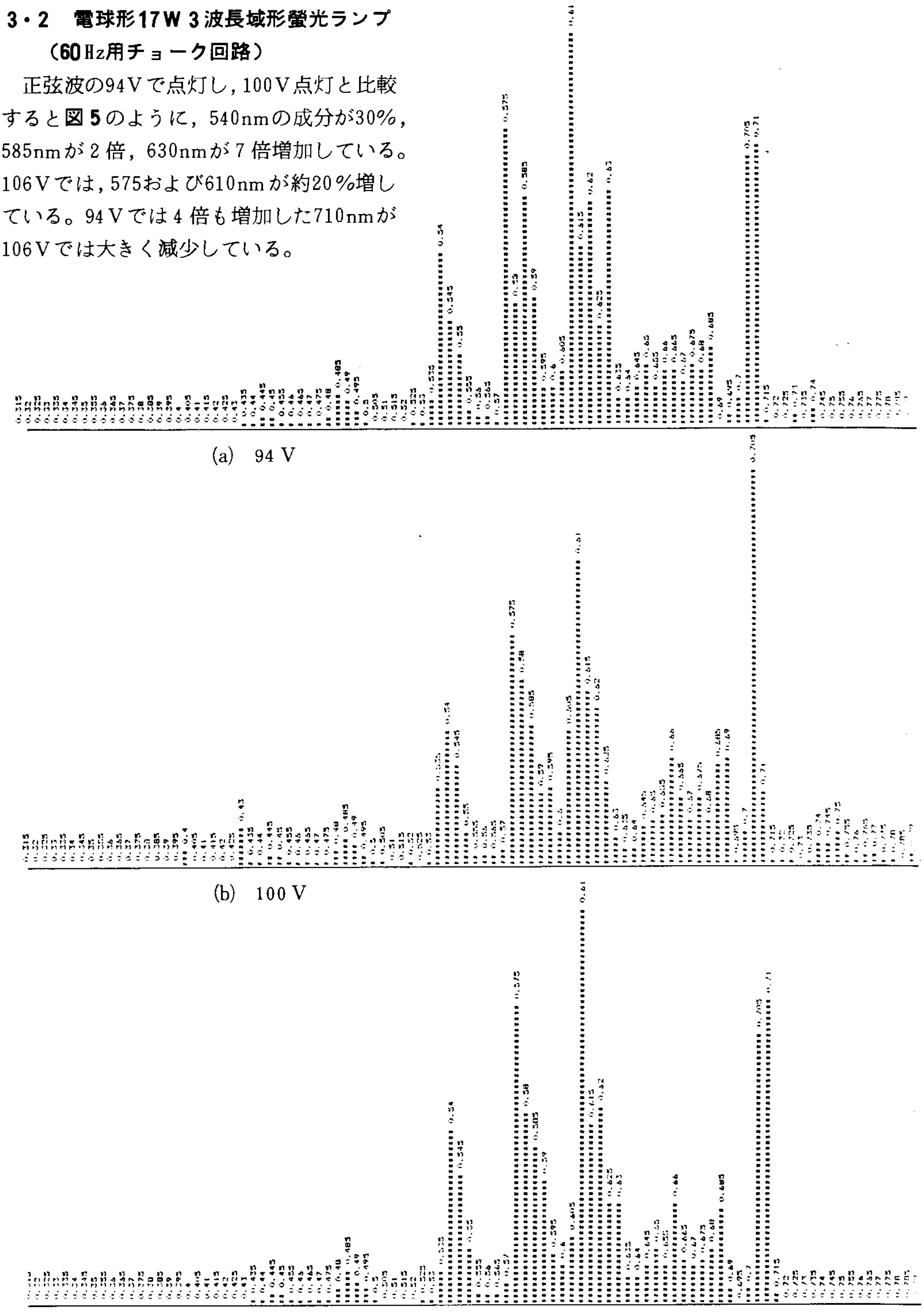


(c) 65 Hz

図4 電球形3波長域形（電子回路）蛍光ランプの分光分布の周波数特性（矩形波）

3・2　電球形17W 3波長域形蛍光ランプ（60Hz用チョーク回路）

正弦波の94Vで点灯し，100V点灯と比較すると図5のように，540nmの成分が30%，585nmが2倍，630nmが7倍増加している。106Vでは，575および610nmが約20%増している。94Vでは4倍も増加した710nmが106Vでは大きく減少している。



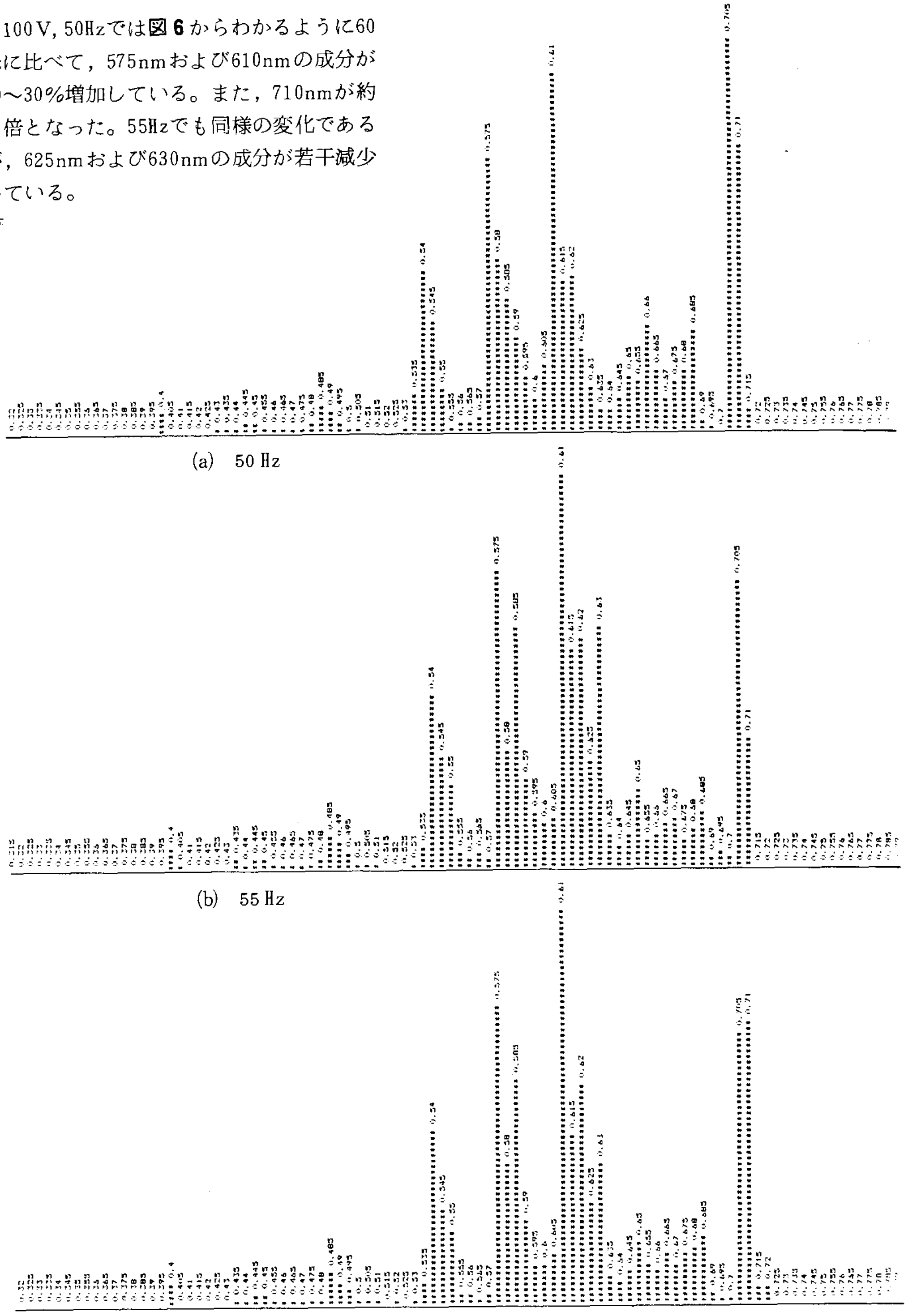
(a)　94 V

(b)　100 V

(c)　106 V

図5　電球形3波長域形（チョーク回路）蛍光ランプの分光分布の電圧特性（正弦波60 Hz）

100V, 50Hzでは図6からわかるように60Hzに比べて，575nmおよび610nmの成分が20～30%増加している。また，710nmが約3倍となった。55Hzでも同様の変化であるが，625nmおよび630nmの成分が若干減少している。



(a)　50 Hz

(b)　55 Hz

(c)　65 Hz

図6　電球形3波長域形（チョーク回路）蛍光ランプの分光分布の周波数特性（正弦波）

矩形波100V点灯は（**図７**）正弦波と比較して，540，575および610nmの分光エネルギーが20～30%増加し，705nmが減少，逆に710nmが４倍も増加している。電圧変動に対しては，非常に安定していて94Vではほとんど変化がなく，106Vで685nmが約２倍に，710nmが４倍に増加したのみである。

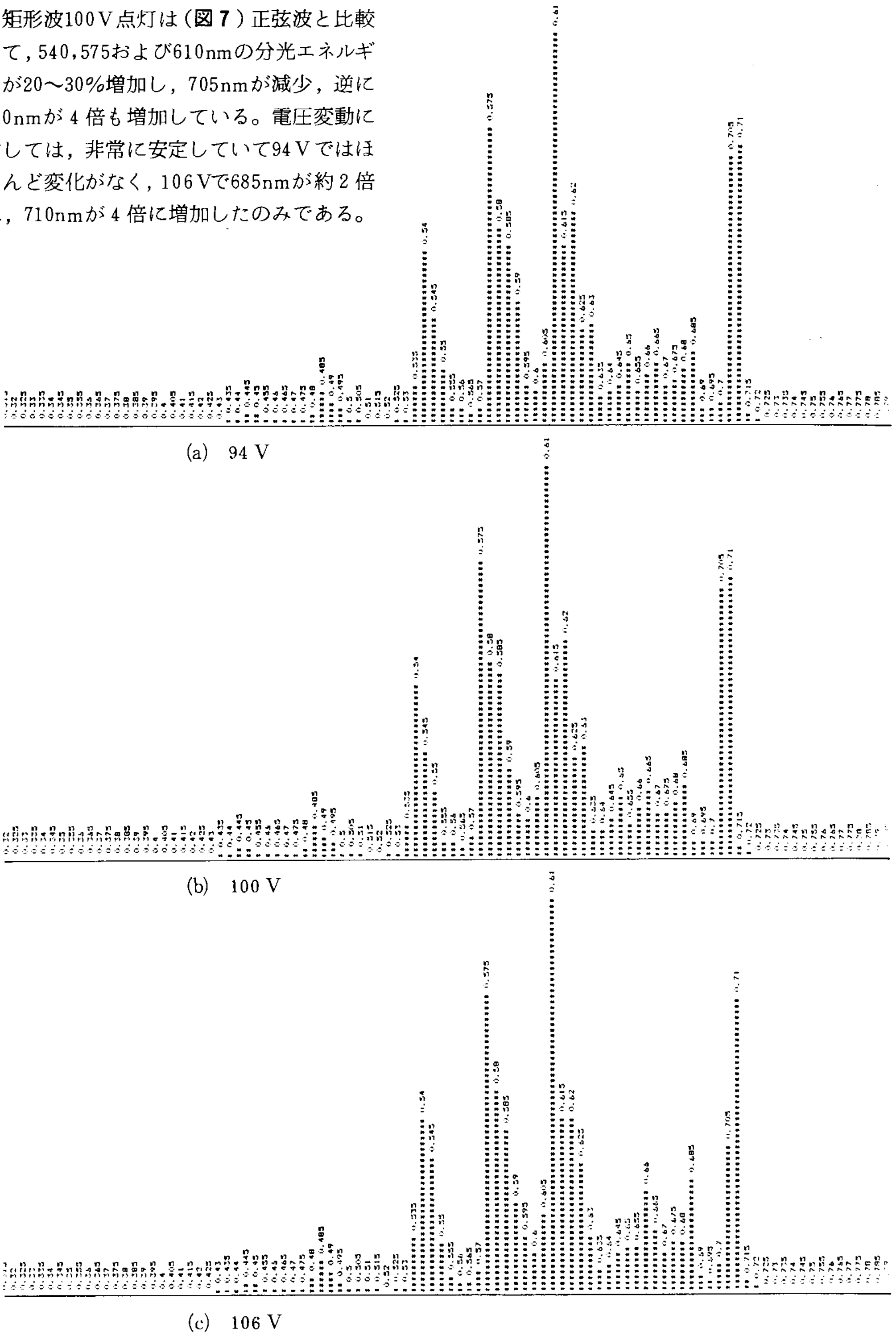
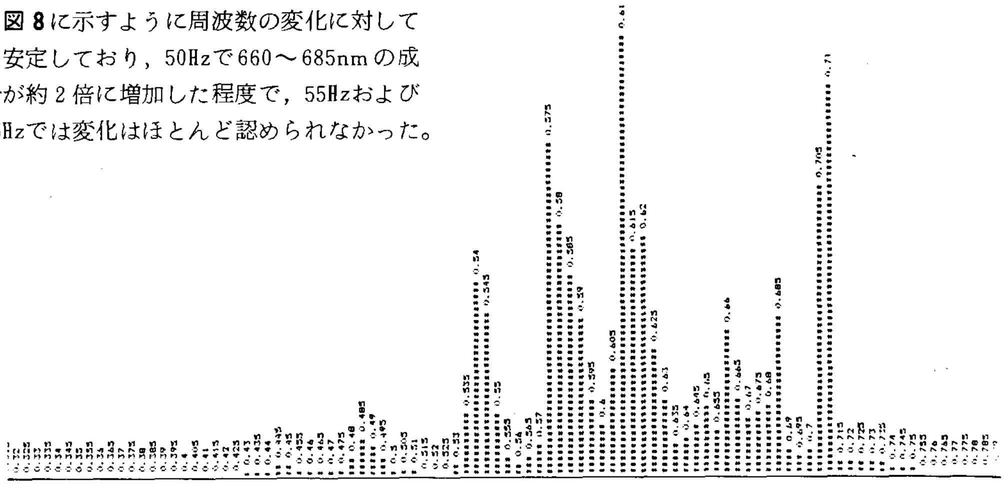
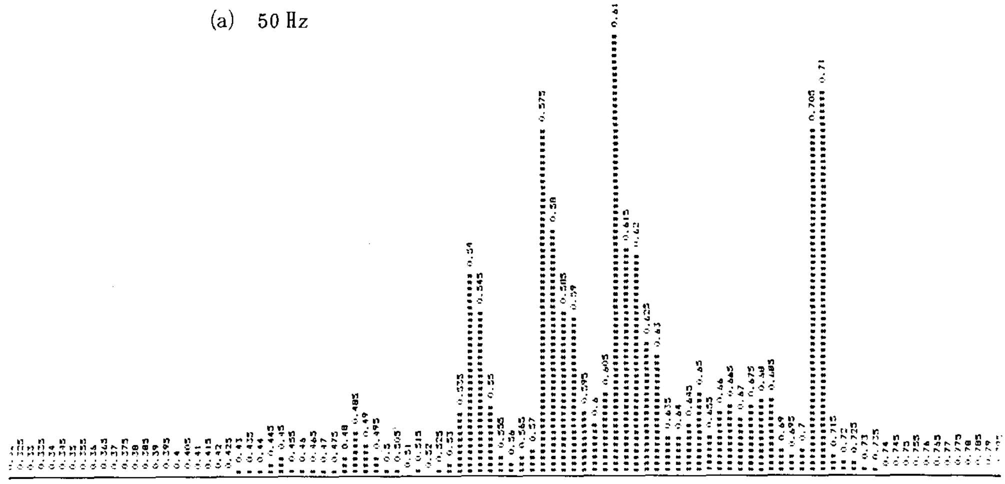


図７　電球形３波長域形（チョーク回路）蛍光ランプの分光分布の電圧特性（矩形波 60 Hz）

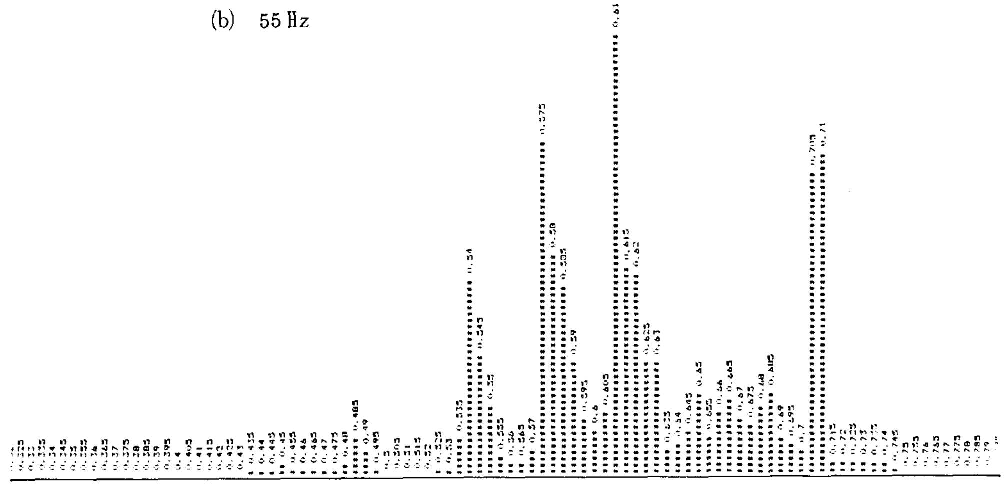
図8に示すように周波数の変化に対しても安定しており，50Hzで660～685nmの成分が約2倍に増加した程度で，55Hzおよび65Hzでは変化はほとんど認められなかった。



(a)　50 Hz



(b)　55 Hz

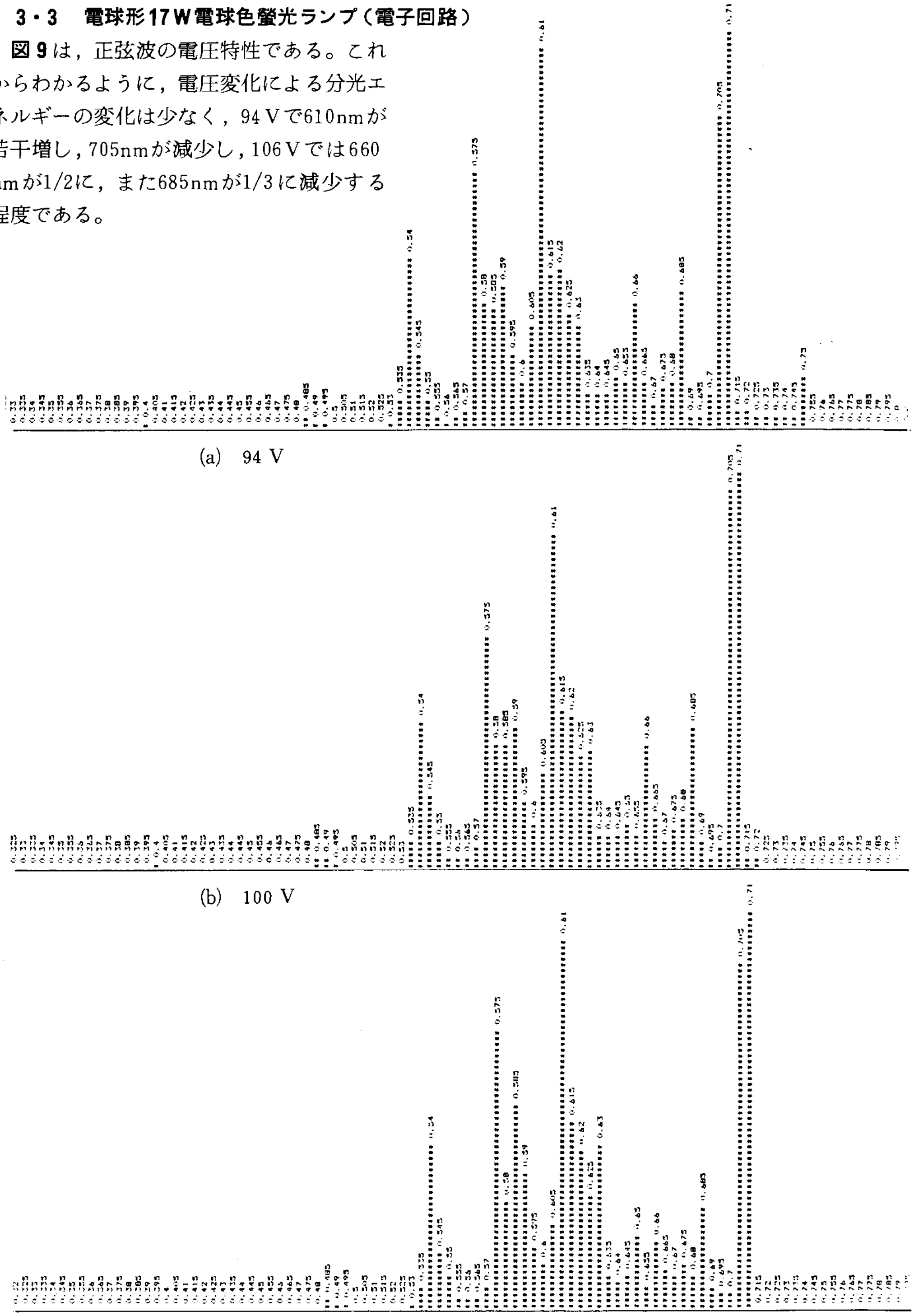


(c)　65 Hz

図8　電球形3波長域形（チョーク回路）蛍光ランプの分光分布の周波数特性（矩形波）

3・3　電球形17W電球色螢光ランプ（電子回路）

図9は，正弦波の電圧特性である。これからわかるように，電圧変化による分光エネルギーの変化は少なく，94Vで610nmが若干増し，705nmが減少し，106Vでは660nmが1/2に，また685nmが1/3に減少する程度である。



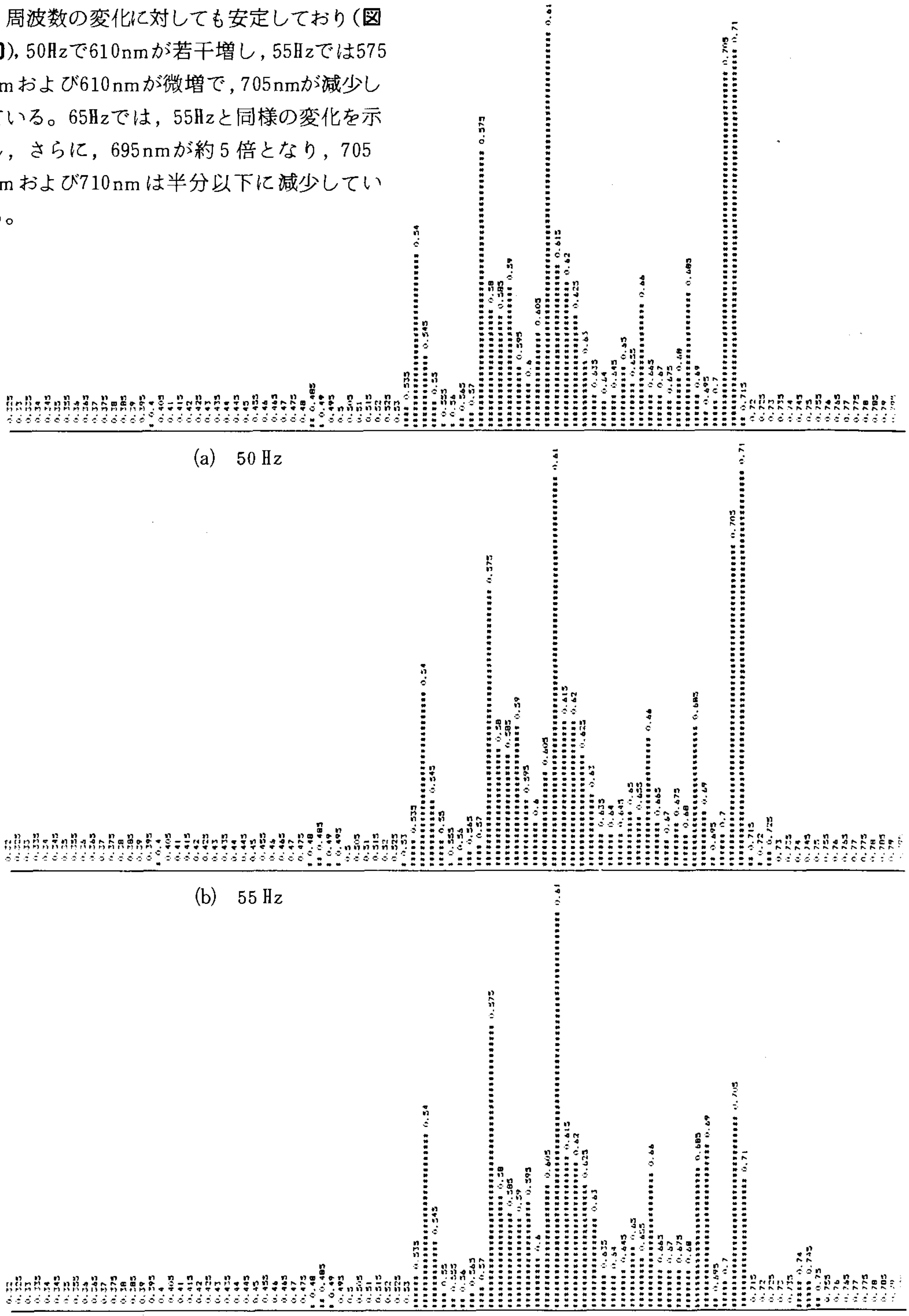
(a)　94 V

(b)　100 V

(c)　106 V

図9　電球形電球色（電子回路）蛍光ランプの分光分布の電圧特性（正弦波 60 Hz）

周波数の変化に対しても安定しており（**図10**），50Hzで610nmが若干増し，55Hzでは575nmおよび610nmが微増で，705nmが減少している。65Hzでは，55Hzと同様の変化を示し，さらに，695nmが約5倍となり，705nmおよび710nmは半分以下に減少している。



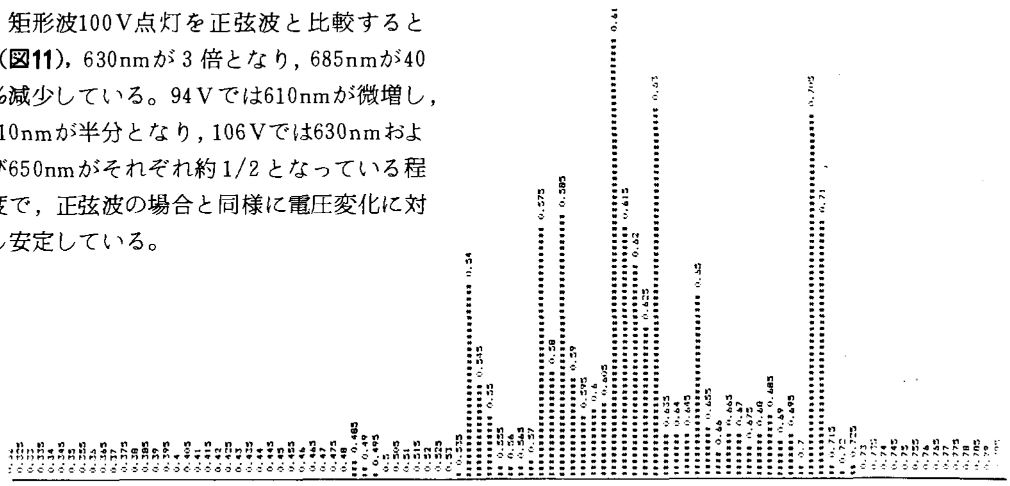
(a)　50 Hz

(b)　55 Hz

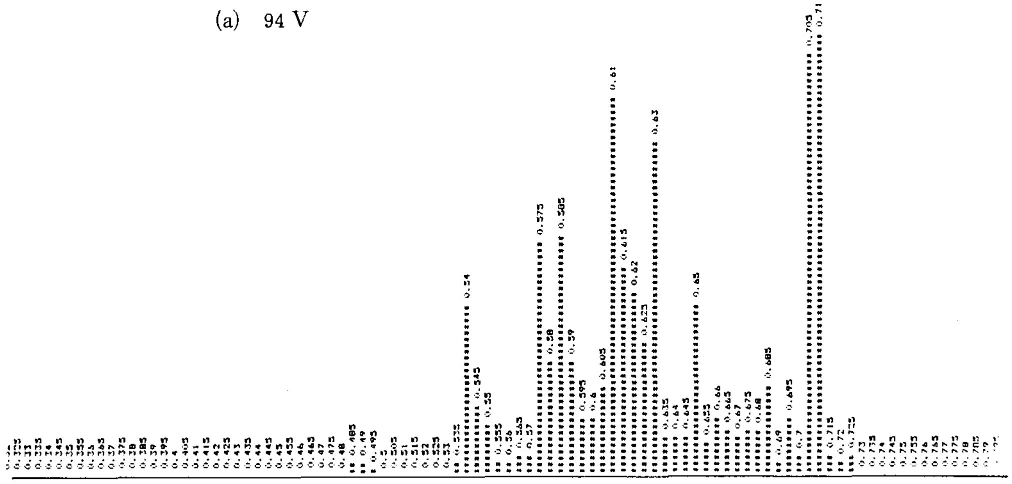
(c)　65 Hz

図10　電球形電球色（電子回路）蛍光ランプの分光分布の周波数特性（正弦波）

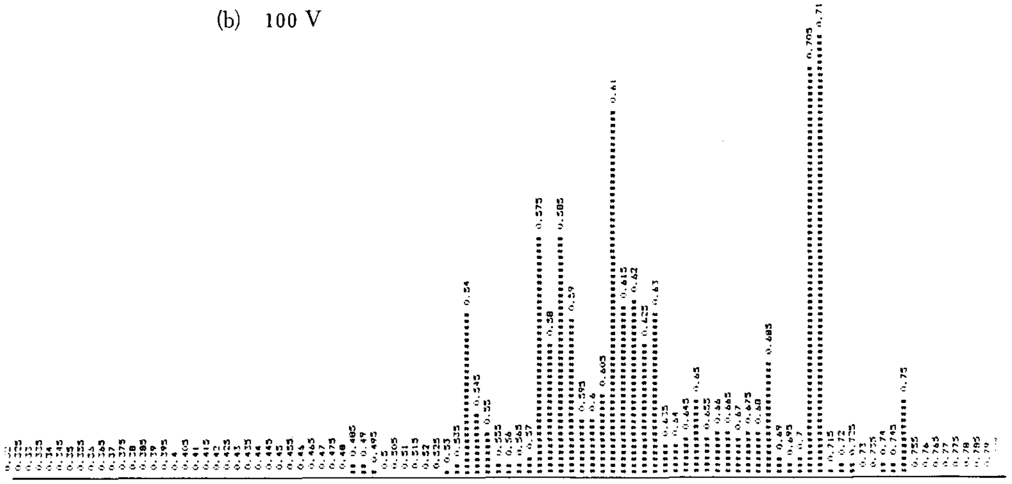
矩形波100V点灯を正弦波と比較すると(**図11**)，630nmが3倍となり，685nmが40%減少している。94Vでは610nmが微増し，710nmが半分となり，106Vでは630nmおよび650nmがそれぞれ約1/2となっている程度で，正弦波の場合と同様に電圧変化に対し安定している。



(a)　94 V



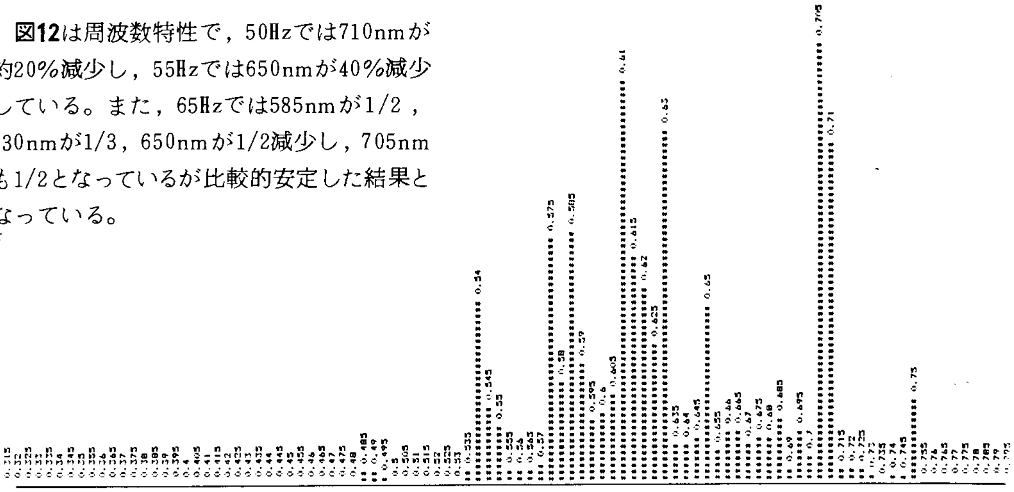
(b)　100 V



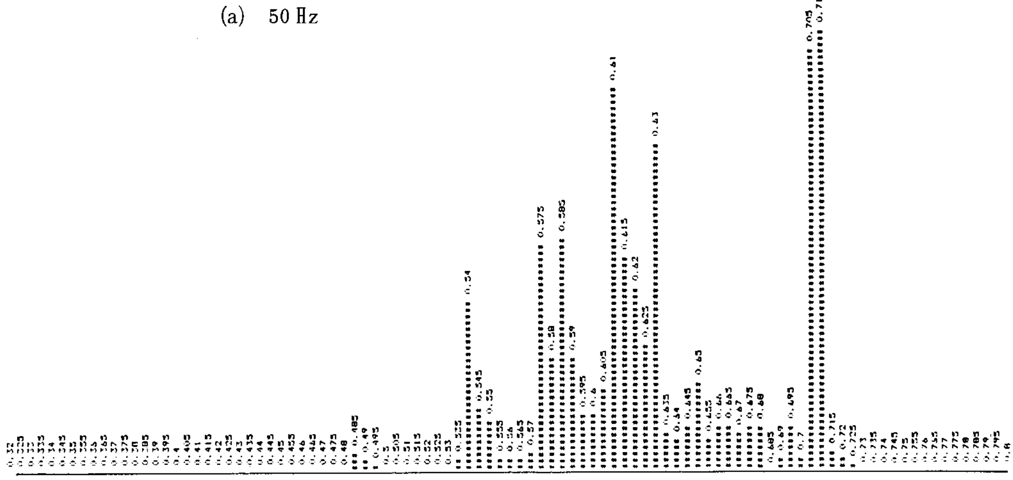
(c)　106 V

図11　電球形電球色（電子回路）蛍光ランプの分光分布の電圧特性（矩形波 60 Hz）

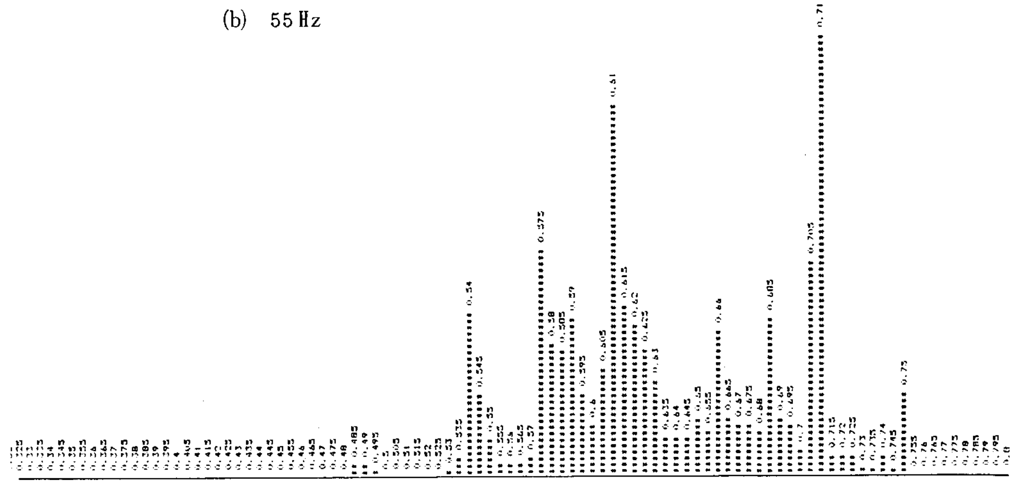
図12は周波数特性で，50Hzでは710nmが約20%減少し，55Hzでは650nmが40%減少している。また，65Hzでは585nmが1/2，630nmが1/3，650nmが1/2減少し，705nmも1/2となっているが比較的安定した結果となっている。



(a)　50 Hz



(b)　55 Hz

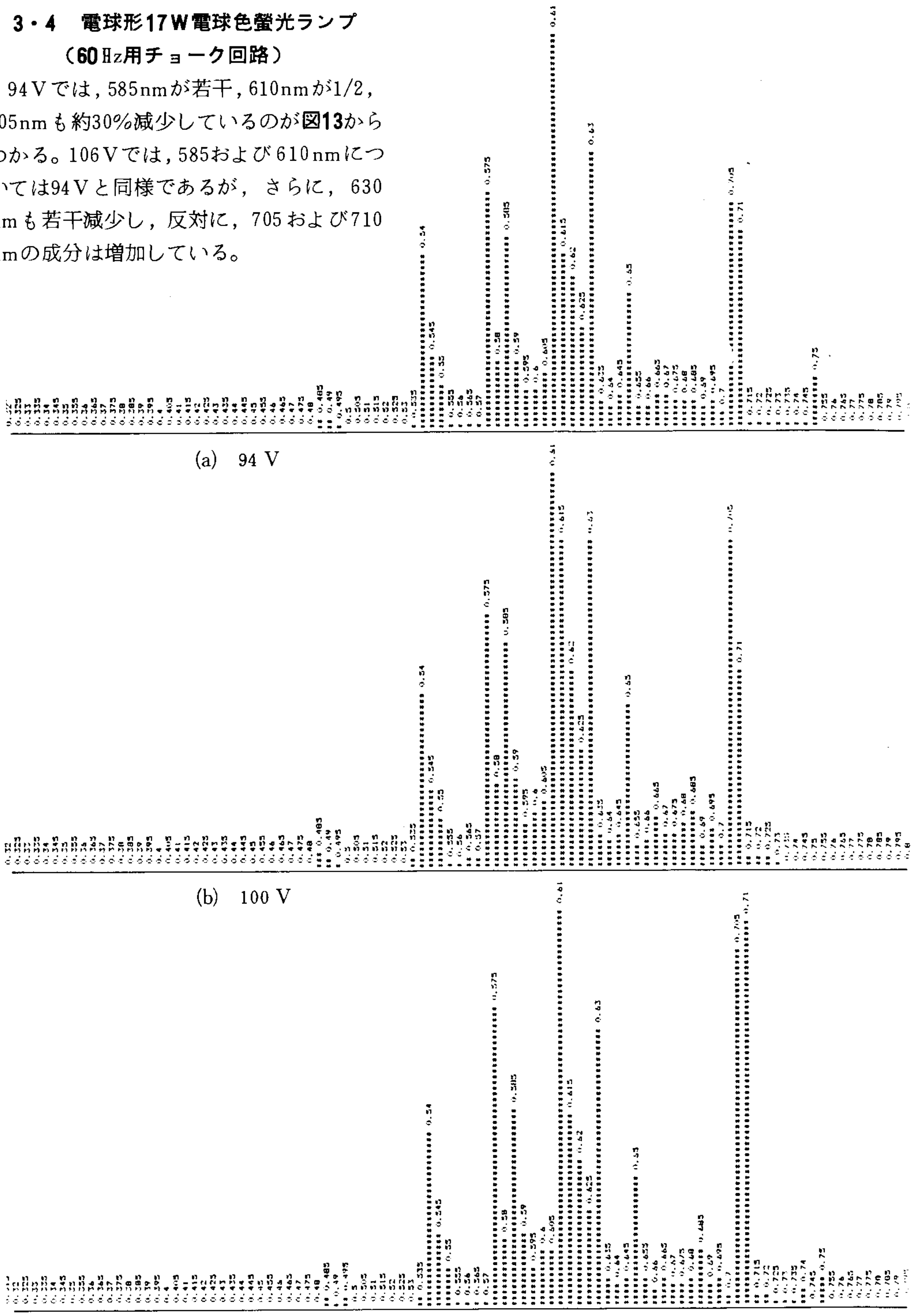


(c)　65 Hz

図12　電球形電球色（電子回路）蛍光ランプの分光分布の周波数特性（矩形波）

3・4 電球形17W電球色蛍光ランプ（60Hz用チョーク回路）

94Vでは，585nmが若干，610nmが1/2，705nmも約30%減少しているのが図13からわかる。106Vでは，585および610nmについては94Vと同様であるが，さらに，630nmも若干減少し，反対に，705および710nmの成分は増加している。



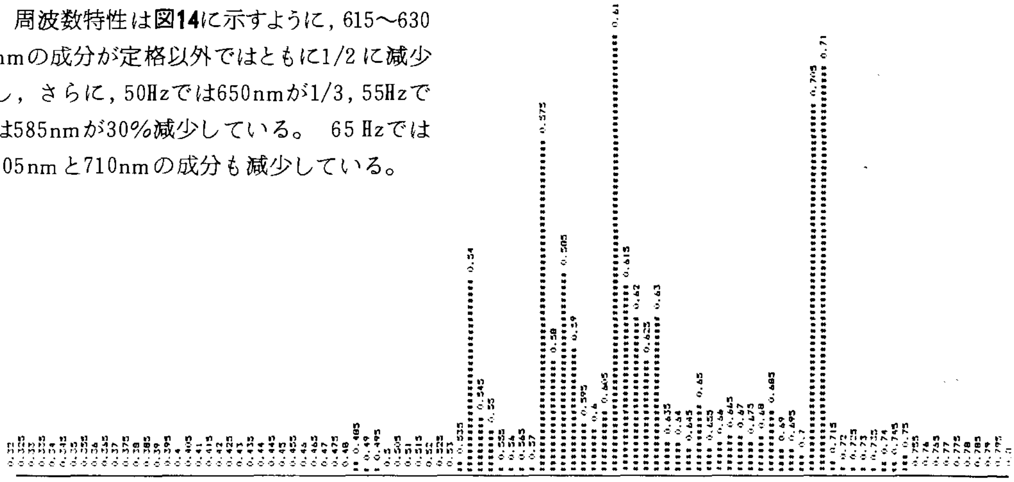
(a) 94 V

(b) 100 V

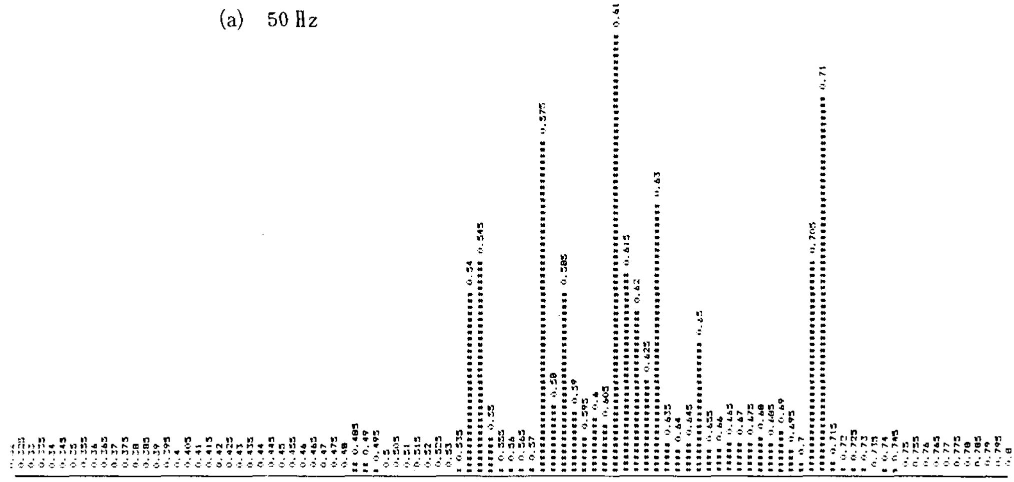
(c) 106 V

図13 電球形電球色（チョーク回路）蛍光ランプの分光分布の電圧特性（正弦波60Hz）

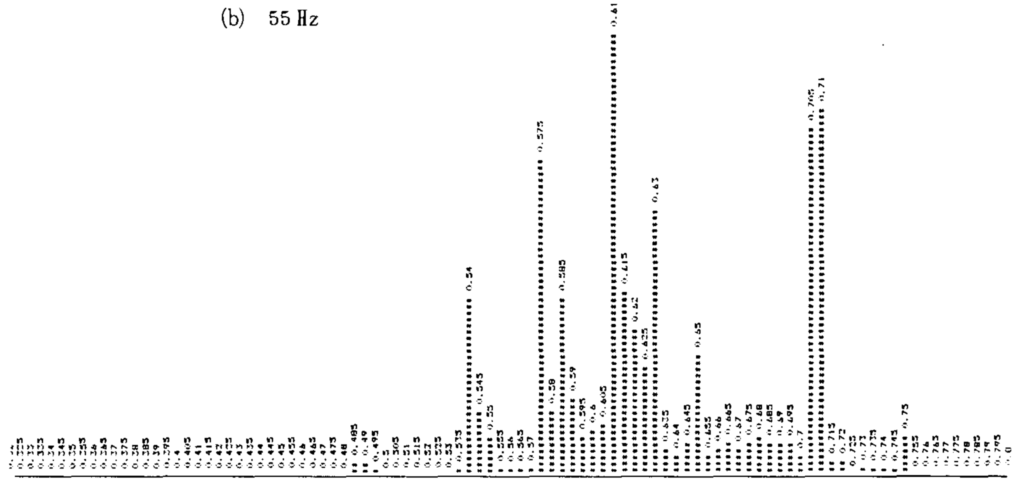
周波数特性は**図14**に示すように，615～630nmの成分が定格以外ではともに1/2 に減少し，さらに，50Hzでは650nmが1/3，55Hzでは585nmが30%減少している。 65 Hzでは705nm と710nmの成分も減少している。



(a) 50 Hz



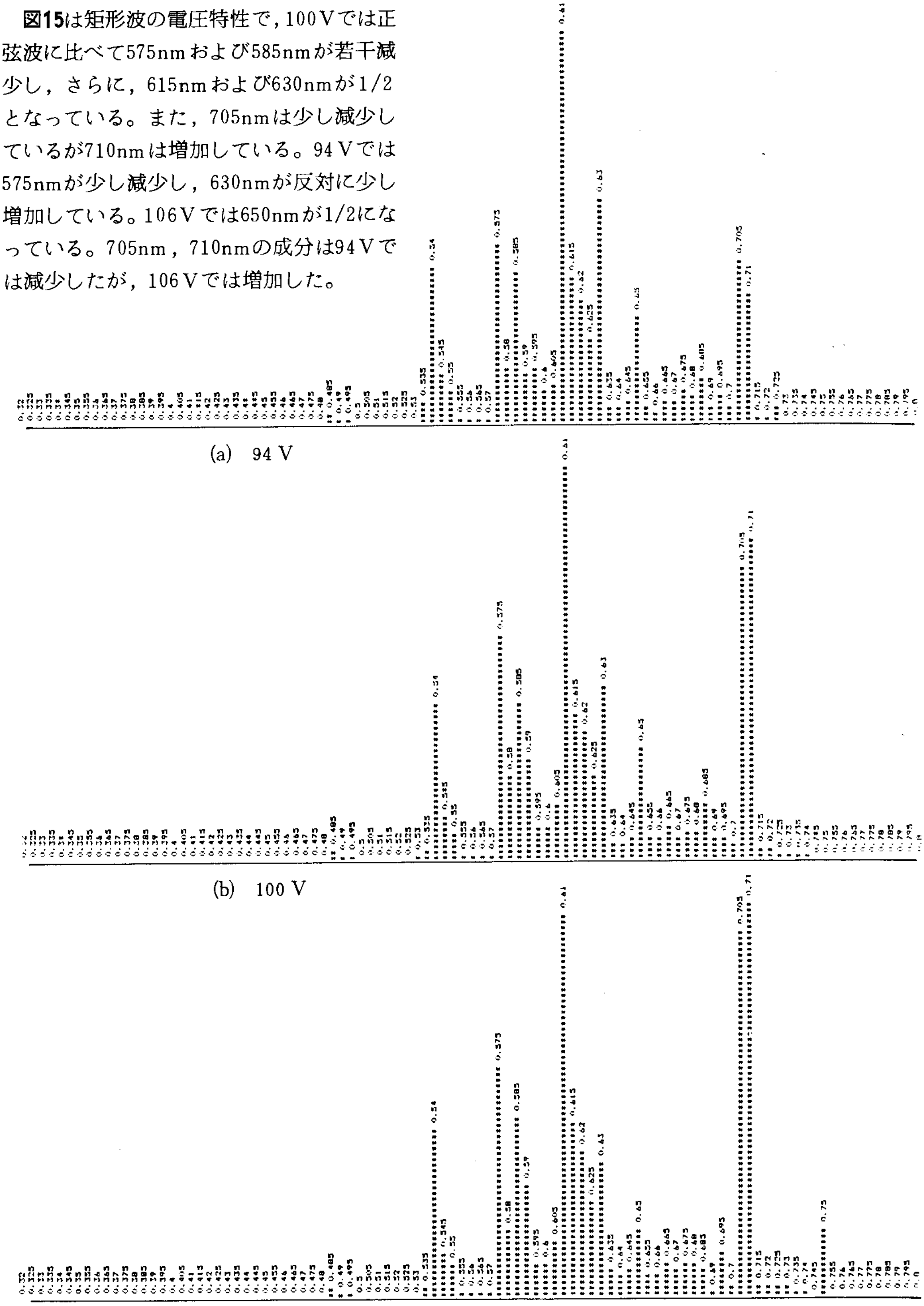
(b) 55 Hz



(c) 65 Hz

図14 電球形電球色（チョーク回路）蛍光ランプの分光分布の周波数特性（正弦波）

図15は矩形波の電圧特性で，100Vでは正弦波に比べて575nmおよび585nmが若干減少し，さらに，615nmおよび630nmが1/2となっている。また，705nmは少し減少しているが710nmは増加している。94Vでは575nmが少し減少し，630nmが反対に少し増加している。106Vでは650nmが1/2になっている。705nm，710nmの成分は94Vでは減少したが，106Vでは増加した。



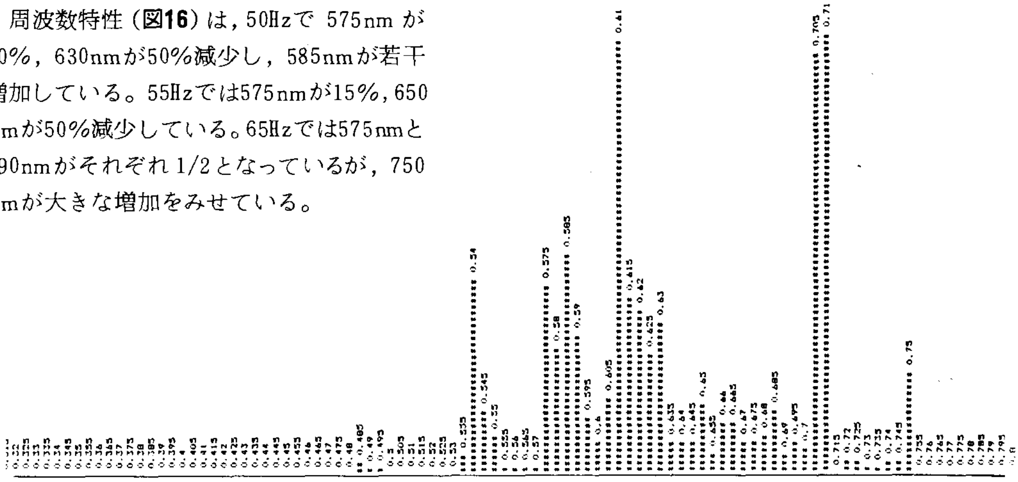
(a)　94 V

(b)　100 V

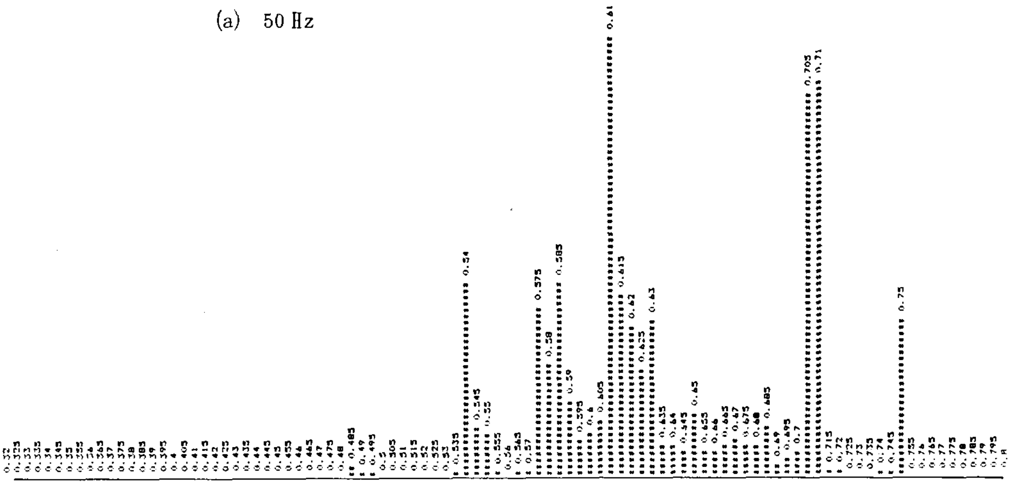
(c)　106 V

図15　電球形電球色（チョーク回路）蛍光ランプの分光分布の電圧特性（矩形波60 Hz）

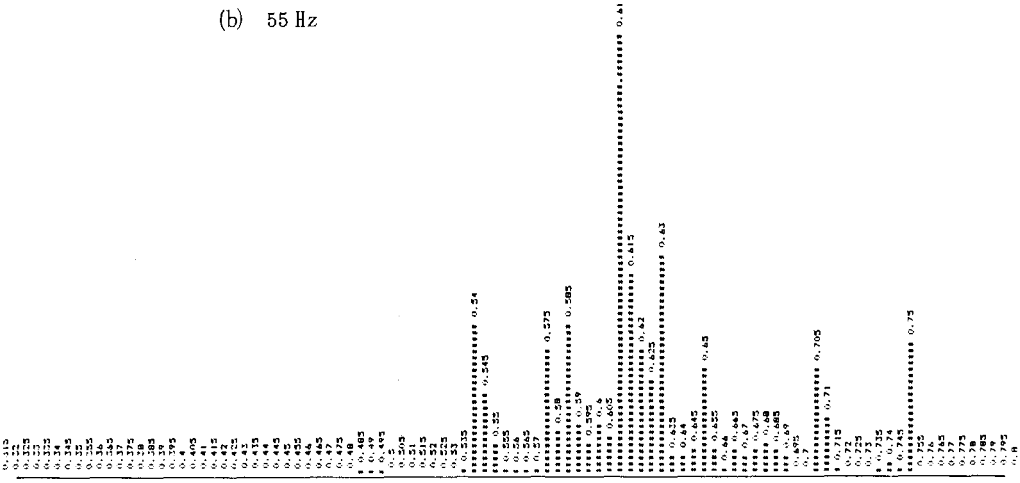
周波数特性（**図16**）は，50Hzで 575nm が30%，630nmが50%減少し，585nmが若干増加している。55Hzでは575nmが15%，650nmが50%減少している。65Hzでは575nmと590nmがそれぞれ 1/2となっているが，750nmが大きな増加をみせている。



(a)　50 Hz



(b)　55 Hz

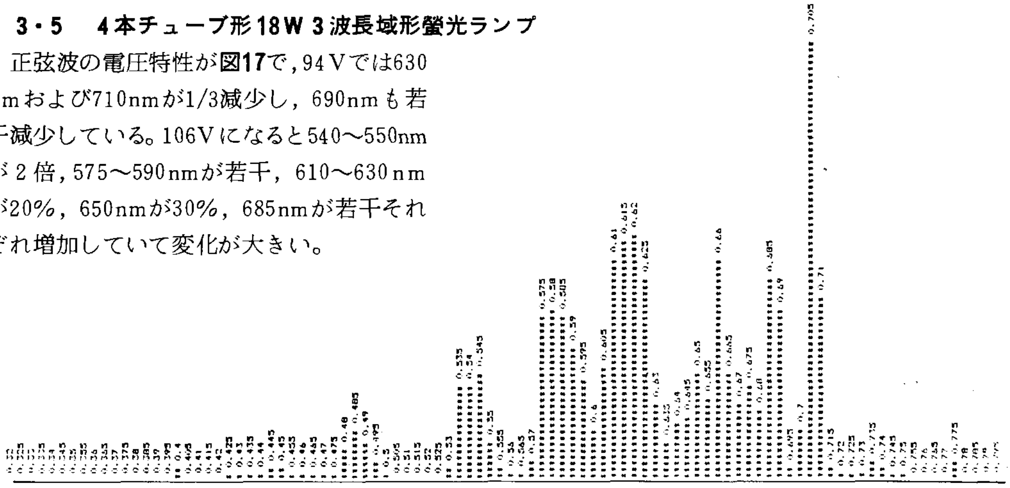


(c)　65 Hz

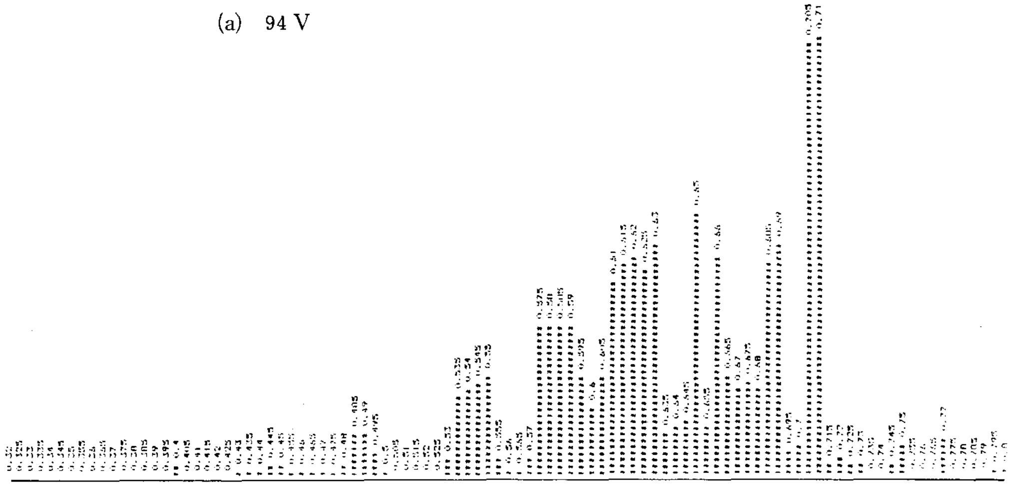
図16　電球形電球色（チョーク回路）蛍光ランプの分光分布の周波数特性（矩形波）

3・5　4本チューブ形18W 3波長域形蛍光ランプ

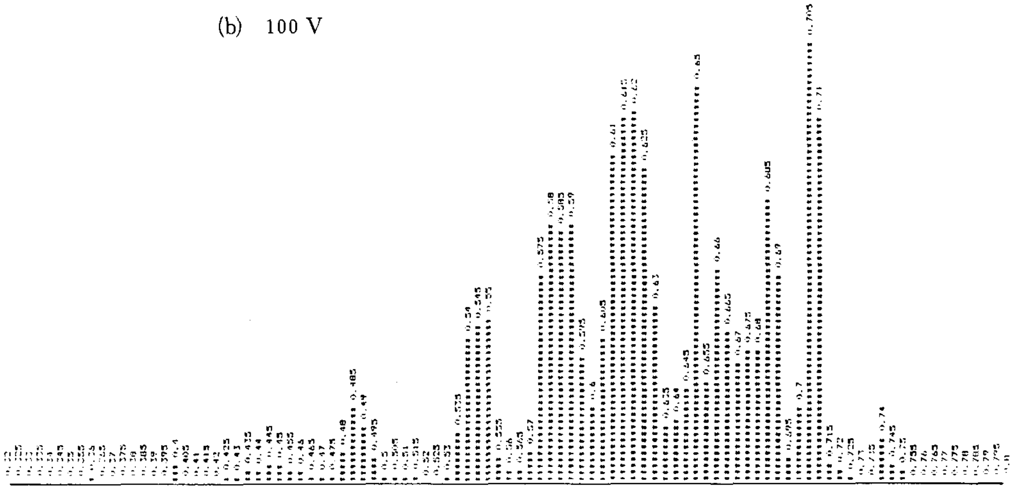
正弦波の電圧特性が図17で，94Vでは630nmおよび710nmが1/3減少し，690nmも若干減少している。106Vになると540〜550nmが2倍，575〜590nmが若干，610〜630nmが20%，650nmが30%，685nmが若干それぞれ増加していて変化が大きい。



(a)　94 V



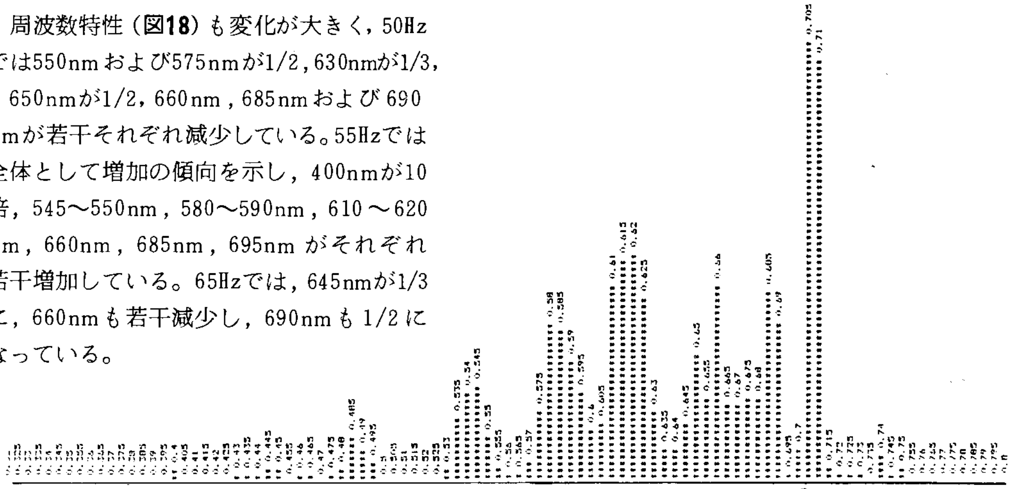
(b)　100 V



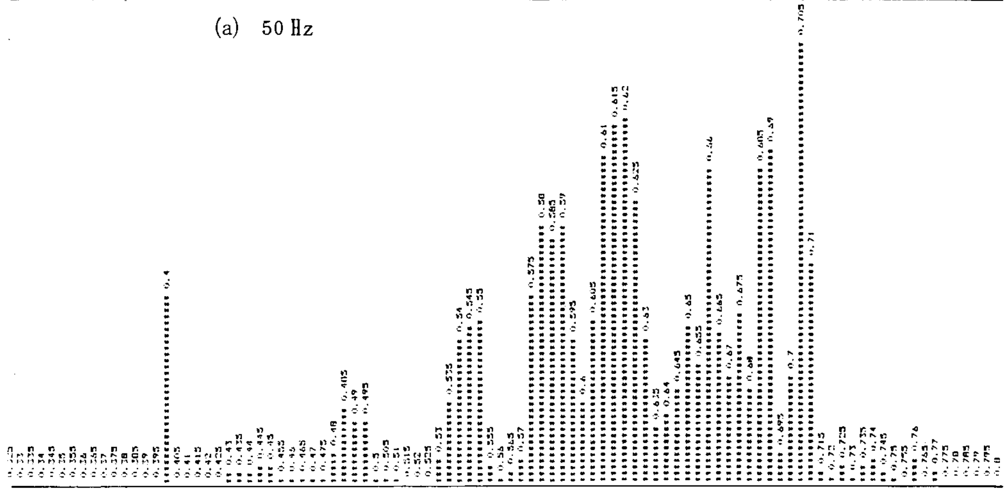
(c)　106 V

図17　4本チューブ形3波長域形蛍光ランプの分光分布の電圧特性（正弦波60 Hz）

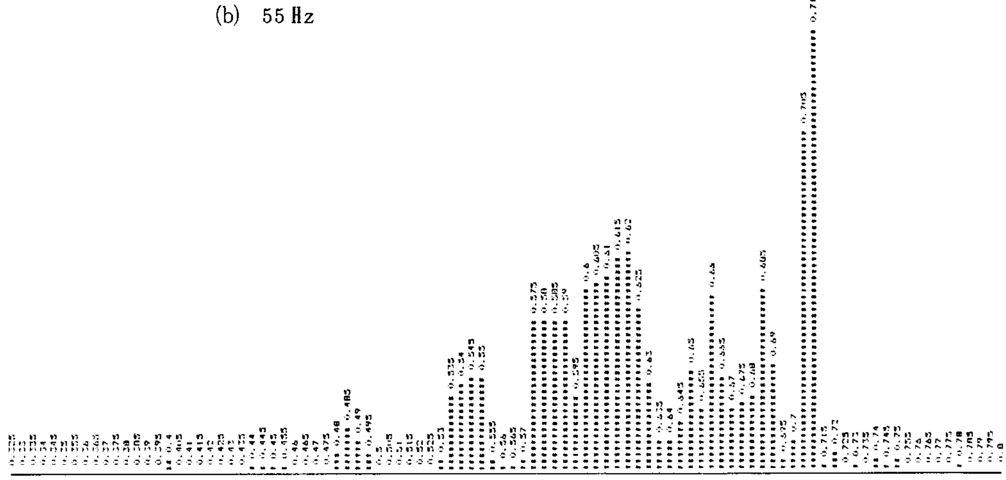
周波数特性（**図18**）も変化が大きく，50Hzでは550nmおよび575nmが1/2，630nmが1/3，650nmが1/2，660nm，685nmおよび690nmが若干それぞれ減少している。55Hzでは全体として増加の傾向を示し，400nmが10倍，545〜550nm，580〜590nm，610〜620nm，660nm，685nm，695nmがそれぞれ若干増加している。65Hzでは，645nmが1/3に，660nmも若干減少し，690nmも1/2になっている。



(a)　50 Hz



(b)　55 Hz



(c)　65 Hz

図18　4本チューブ形3波長域形蛍光ランプの分光分布の周波数特性（正弦波）

矩形波100Vで点灯し正弦波と比較すると（**図19**），650nmが1/2，660nmが1/3,660nmが1/2，690nmが1/4それぞれ減少している。94Vでは610nmが30%減少し，106Vでは500nmが8倍に増加し，575nmが1/2になっているだけで，矩形波の電圧に対しては安定している。

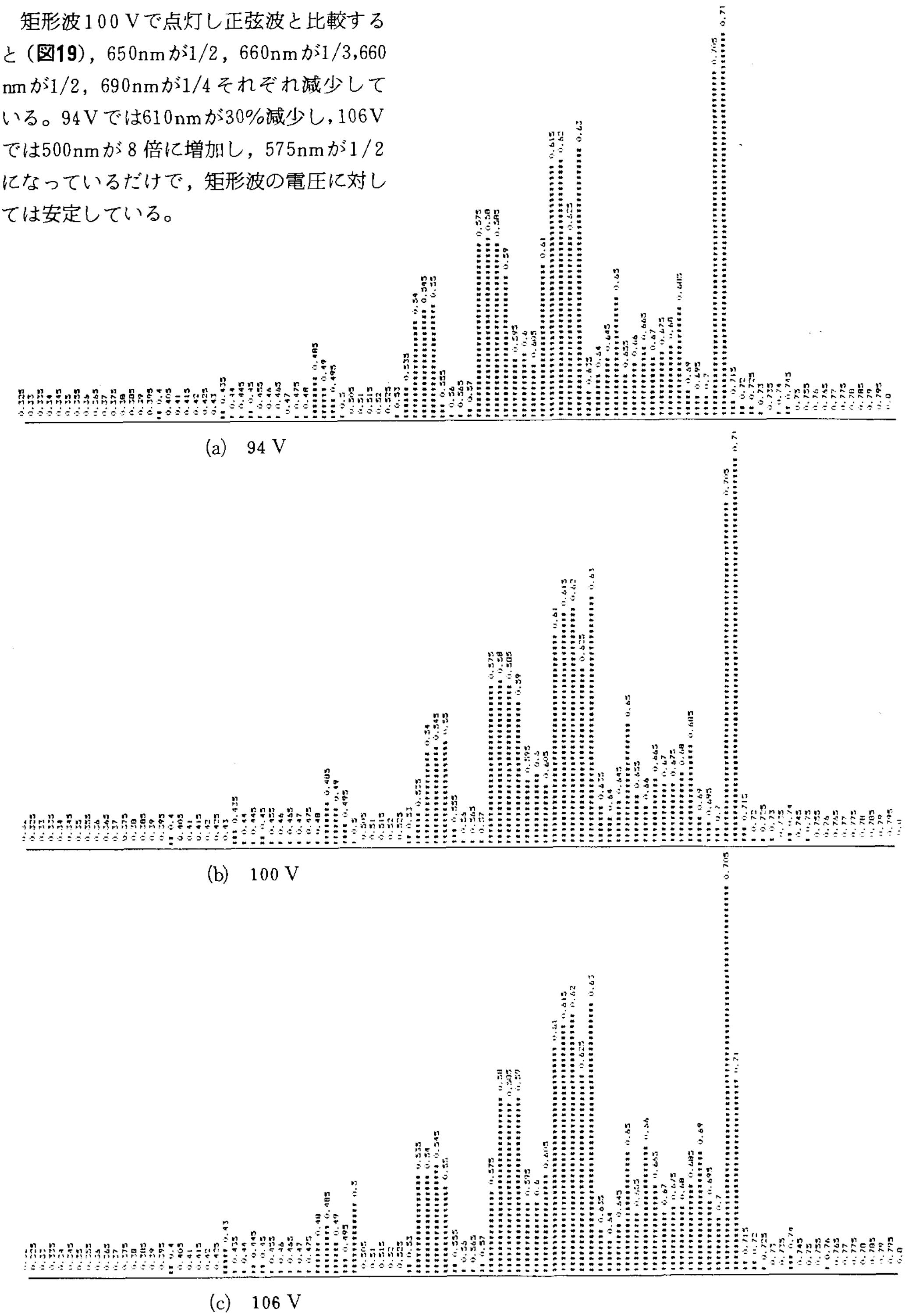
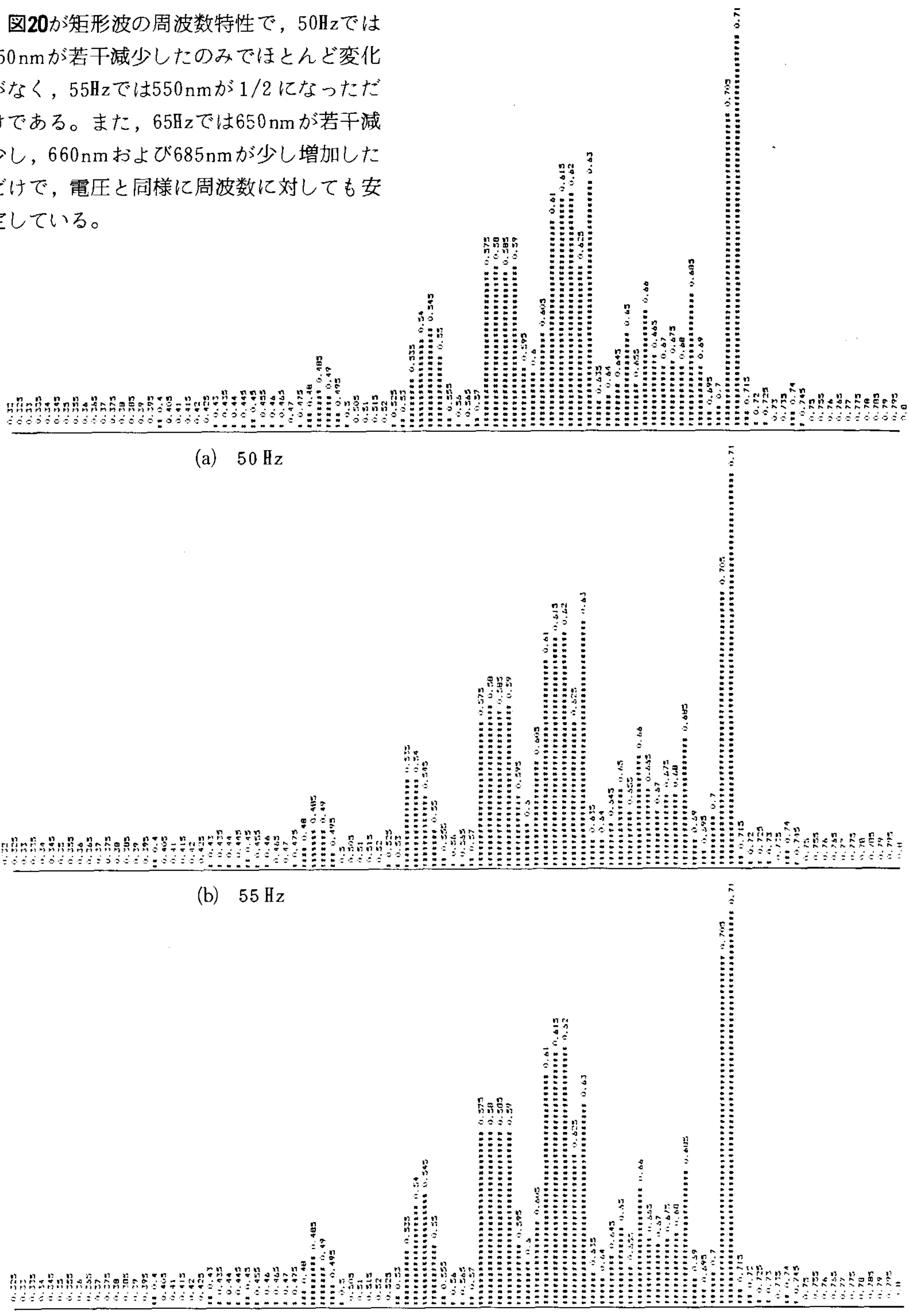


図19　4本チューブ形3波長域形蛍光ランプの分光分布の電圧特性（矩形波60 Hz）

図20が矩形波の周波数特性で，50Hzでは650nmが若干減少したのみでほとんど変化がなく，55Hzでは550nmが1/2になっただけである。また，65Hzでは650nmが若干減少し，660nmおよび685nmが少し増加しただけで，電圧と同様に周波数に対しても安定している。



(a)　50 Hz

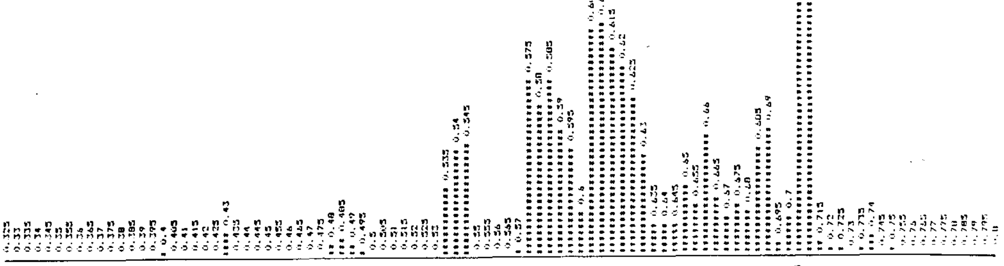
(b)　55 Hz

(c)　65 Hz

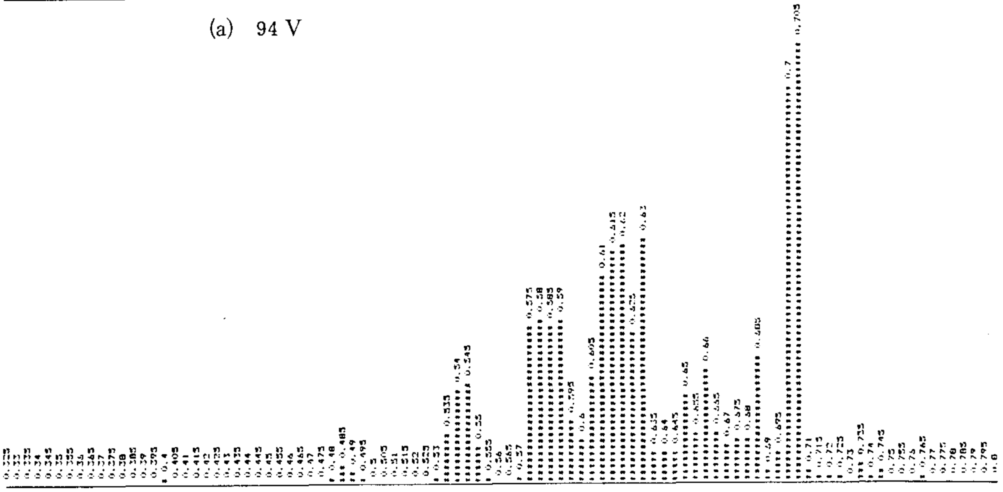
図20　4本チューブ形3波長域形蛍光ランプの分光分布の周波数特性（矩形波）

3・6　4本チューブ形18W電球色蛍光ランプ

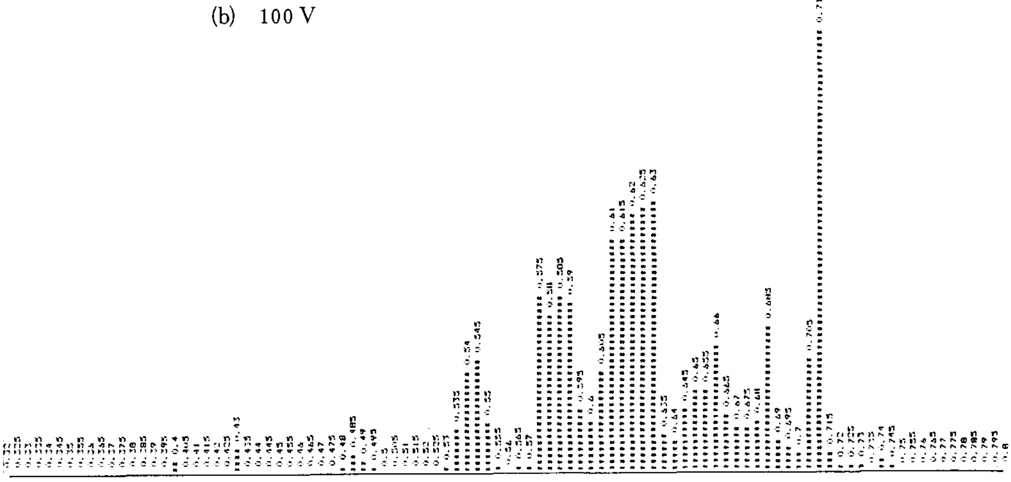
図21は正弦波の電圧降下で，100V点灯に比べて94Vでは630nmが1/2，700nmが1/8減少し，106Vになると700nm以上の成分の減少が大きいが，他の可視部の変化はなく正弦波電圧には安定な特性を示している。



(a)　94 V



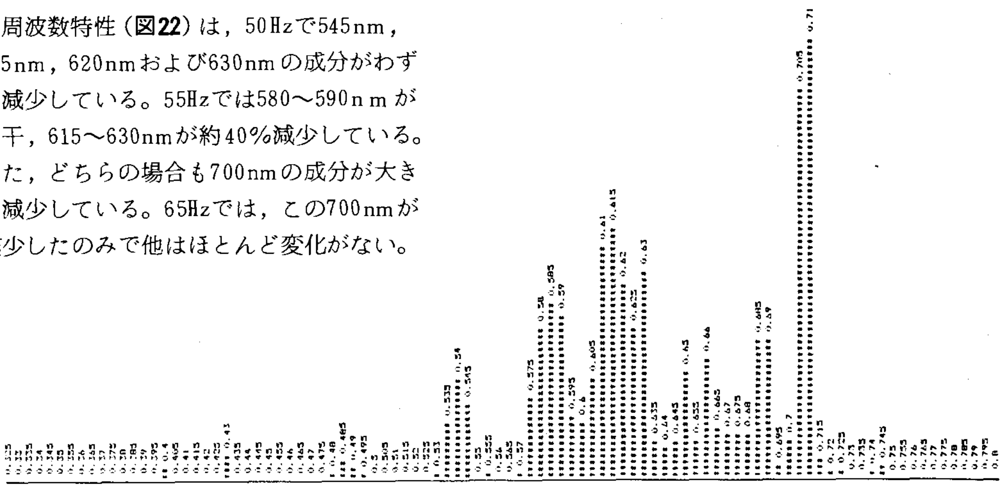
(b)　100 V



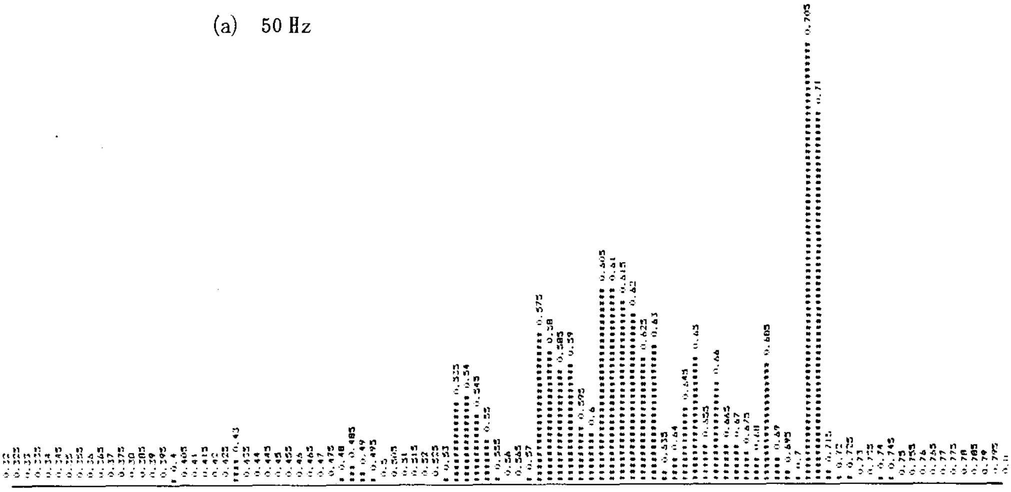
(c)　106 V

図21　4本チューブ形電球色蛍光ランプの分光分布の電圧特性（正弦波60 Hz）

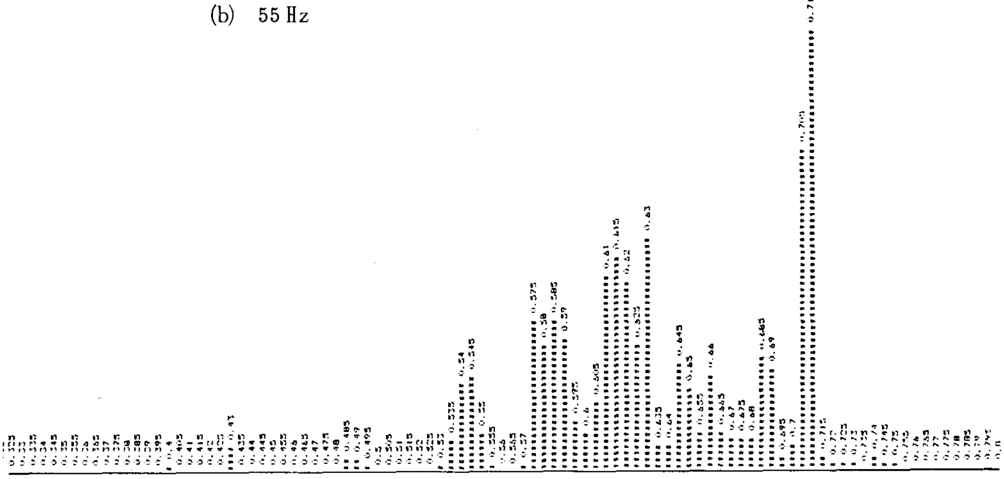
周波数特性（**図22**）は，50Hzで545nm，575nm，620nmおよび630nmの成分がわずか減少している。55Hzでは580～590nmが若干，615～630nmが約40%減少している。また，どちらの場合も700nmの成分が大きく減少している。65Hzでは，この700nmが減少したのみで他はほとんど変化がない。



(a)　50Hz



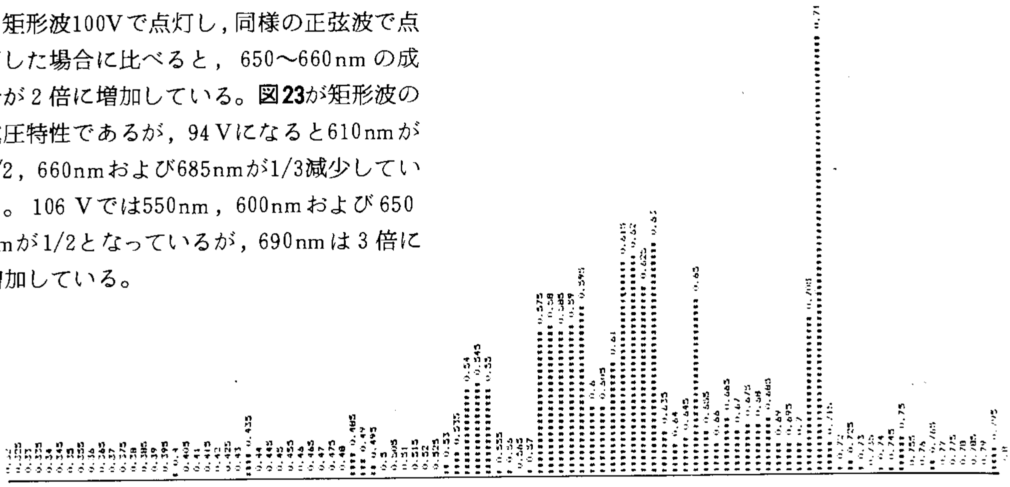
(b)　55Hz



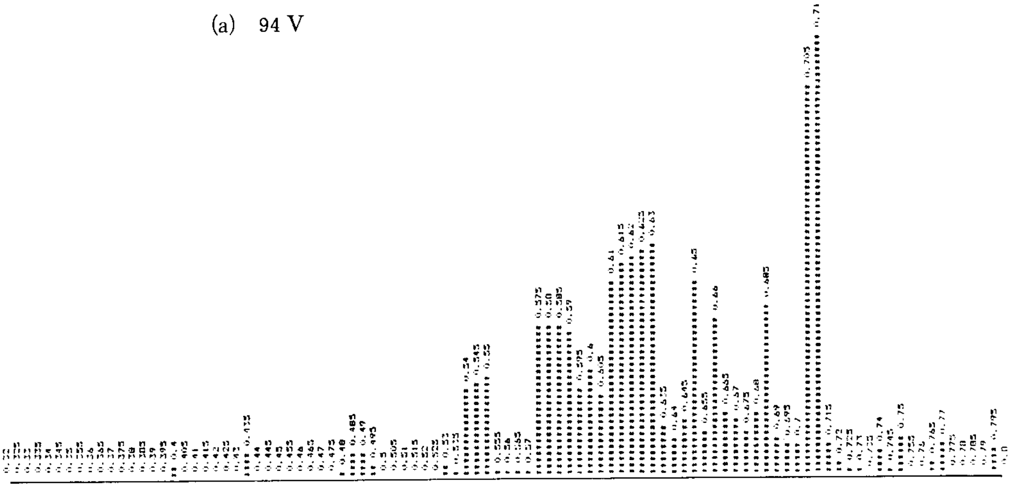
(c)　65Hz

図22　4本チューブ形電球色蛍光ランプの分光分布の周波数特性（正弦波）

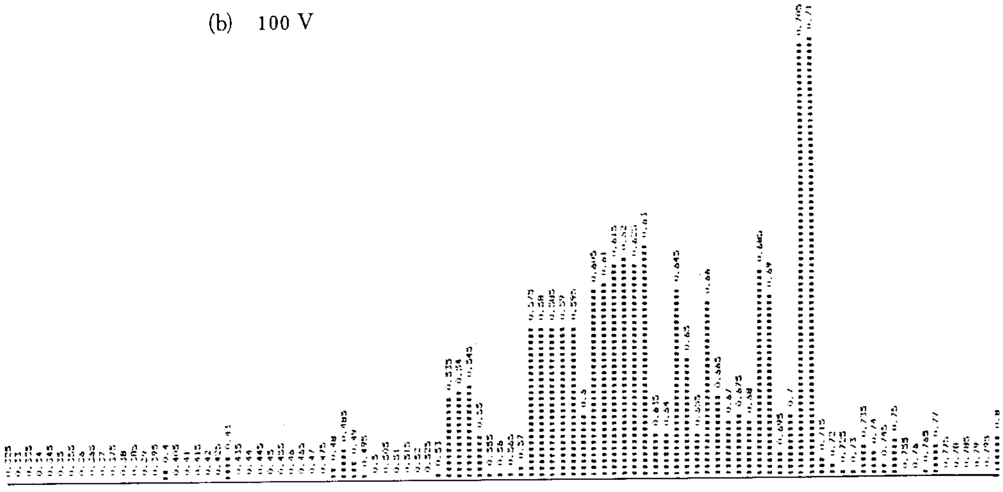
矩形波100Vで点灯し，同様の正弦波で点灯した場合に比べると，650～660nmの成分が2倍に増加している。**図23**が矩形波の電圧特性であるが，94Vになると610nmが1/2，660nmおよび685nmが1/3減少している。106Vでは550nm，600nmおよび650nmが1/2となっているが，690nmは3倍に増加している。



(a)　94 V



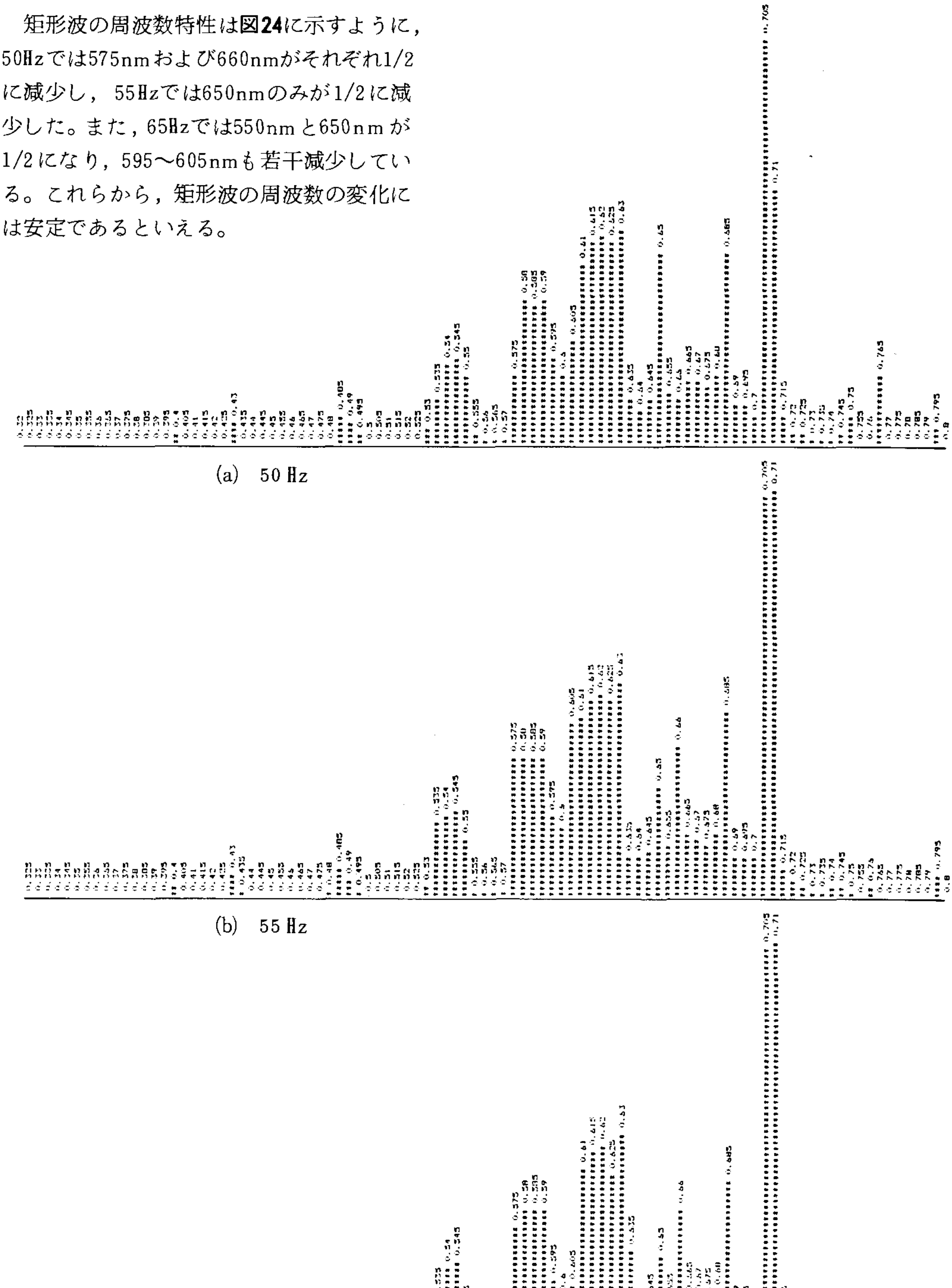
(b)　100 V



(c)　106 V

図23　4本チューブ形電球色蛍光ランプの分光分布の電圧特性（矩形波60 Hz）

矩形波の周波数特性は図24に示すように，50Hzでは575nmおよび660nmがそれぞれ1/2に減少し，55Hzでは650nmのみが1/2に減少した。また，65Hzでは550nmと650nmが1/2になり，595～605nmも若干減少している。これらから，矩形波の周波数の変化には安定であるといえる。



(a)　50Hz

(b)　55Hz

(c)　65Hz

図24　4本チューブ形電球色蛍光ランプの分光分布の周波数特性（矩形波）

以上の結果から次のようなことがわかった。

(1) 電圧，周波数の変化に対して，影響を受ける分光エネルギーの波長は，各蛍光ランプとも540 nmより長い波長の成分に限られ，700nm前後の成分の影響が大きい。

(2) 電球色ランプが3波長域発光形より電圧変化の影響は少ない。

(3) 矩形波で点灯すると正弦波よりも電圧，周波数の変化の影響が少ない。

最近，植物育成用光源としては，700～800nmの成分が有効であるといわれている。そして，蛍光ランプでは，3波長域発光形が適当であるとされている。この目的に使用する場合は，これらの範囲の成分の変化に重点を置いて検討する必要がある。

§4 むすび

小形変形蛍光ランプの数種について，正弦波および矩形波の電源で電圧と周波数を変えた場合の分光分布を測定し比較をした。その結果，電球色ランプが3波長域発光形より，また，波形は矩形波の方が安定していることがわかった。

最後に，卒業研究として測定に協力していただいた本校20期生の天野実美，梅垣康治，河口彰の諸君に厚く感謝する。

参考文献

1) Bouwknegt. A: J. Illm. Engng. Soc. 11-4 (1982) 204.
2) 伊藤ほか：東芝レビュー 39-11（昭59）995～998.
3) 伊藤，井上：照学誌 Vol. 71-2（昭62）145～149.
4) 鎌田：照学誌 Vol. 71-1（昭62）23～25.
5) 山崎，原田：呉高専研究報告 Vol. 23-2（昭63）27～40.

（昭和63年4月15日受付）

中空陰極放電の実験的研究 Ⅵ

(電気工学科)　山　崎　　勉

Experimental Study on the Hollow−Cathode Discharge Ⅵ

Tsutomu YAMAZAKI

The population densities of the metastable atom in the low−pressure hollow−cathode glow discharge were measured by using an optical absorption method. Experiments were carried out in the negative glow plasma of a cylindrical hollow−cathode (19.4 mm diameter, 150 mm long) in argon gas over a range of filling pressures 20−64 Pa and discharge currents 10−180 mA.

Obtained results as a function of the discharge current showed that the population densities of the metastable atom became muximum at about 30 mA and decreased gradually to 4×10^{11}/cc as increasing the currents. And taking account of the current dependences of the electron densities and the electron temperatures measured by a single probe method, by way of qualitative considerations, the destructuion processes of the metastables by thermel electrons in the negative glow plasma were responsible for these phenomena.

§1　まえがき

グロー放電陽光柱プラズマの放電励起機構において準安定原子の影響が大きい事は古くから知られている。一方，負グロープラズマにおいては最近のホローカソードレーザーの研究の過程で，ホローカソード効果の一因として重要である事が指摘されている[1]。藤井氏[2]は陰極降下電圧および陰極暗部長の実測値と陰極降下の理論からホロー陰極効果におけるγ_pやγ_mの重要性を準定量的に検討している。ここでγ_p, γ_mは光量子や準安定原子による二次電子放出の割合を示す。

ホロー陰極効果の原因として上記の陰極面におけるγ_pやγ_mの他に負グロー内を往復運動する高速二次電子の影響が挙げられる。磁界の印加により実験的な検討を行い，高速二次電子による効果が著しいとした報告もされている[3]。ホロー陰極放電の励起機構の解明には，それぞれの過程がどのような放電条件でどの程度寄与しているかを明らかにする必要がある。そのためには負グロープラズマ内の諸量の測定が不可欠である。

最近ホローカソードレーザーの励起機構の研究が進められ，電子密度や準安定原子密度の測定も行なわれるようになった[4]。分光学的手法による測定が行なわれ，励起機構の解明に大きな役割を果している。そして準安定原子密度の測定には古くより知られた光吸収法が用いられるとともに，最近ではレーザー蛍光分光法やオプトガルバノ効果を利用した方法も開発され利用され始めている[5]。

このような状況の下，本校に最近導入された自記分光分析装置を用い，円筒形中空陰極放電の陰極

中心軸上の準安定原子密度の測定を行った。また，単探針法により電子温度や電子密度も測定し，これらの諸量をもとに中空陰極放電の励起機構について定性的な検討を試みたのでここに報告する。

§2 測定方法と装置

2.1 光吸収法による準安定原子密度の測定

吸収法による準安定原子密度の測定原理について簡単に述べる[6)]。

空間的に一様なプラズマ内の一つのスペクトル線について考える。スペクトル線の吸収は周波数 ν における吸収係数を k_ν とすると諸量との間には次の関係がある[6)]。

$$\int k_\nu d\nu = \frac{\lambda_0^2}{8\pi}\frac{g_2}{g_1}\frac{N}{\tau} \tag{1}$$

ここで λ_0 はスペクトル線の中心波長，g_2, g_1 はそれぞれ上準位および下準位の統計重み，N は下準位にある原子の密度，τ は上準位の寿命でアインシュタインの A 係数に対し $\tau^{-1}=A_{21}$ の関係がある。

さて，プラズマの一端から入射したスペクトル線（入射光強度 E_ν）は，プラズマ中を距離 L 進むと吸収を受け減衰し他端からプラズマ外に放射される光（透過光強度）は $E_\nu \exp(-k_\nu L)$ となる。実際には発光を測定することにより次の式で表わされる吸収量 A を求めることができる。

$$A = 1-(\text{透過光})/(\text{入射光})$$
$$= 1-\frac{\int E_\nu e^{-k_\nu L} d\nu}{\int E_\nu d\nu} \tag{2}$$

ただし，1つのスペクトル線について考えるためスペクトル線の周波数分布について積分する。次に光源を発するスペクトル線の強度は，光源とするプラズマの吸収係数 k_ν'，プラズマ長 L' とすると $E_\nu = C(1-\exp(-k_\nu' L'))$ で表わされる。(2)式は次のように変形できる。

$$A=\frac{\int C(1-\exp(-k_\nu' L'))(1-\exp(-k_\nu L))d\nu}{\int C(1-\exp(-k_\nu' L'))d\nu}=\frac{I_1+I_2-I_{1+2}}{I_1} \tag{3}$$

ただし，$I_1=\int C(1-\exp(-k_\nu' L'))d\nu$ $\quad I_2=\int C(1-\exp(-k_\nu L))d\nu$

$$I_{1+2}=\int C(1-\exp(-k_\nu' L'-k_\nu L))d\nu$$

各量は光源 I_1，被測定プラズマ I_2，および両者を同時に灯点した時のスペクトル線の発光強度に対応している。Ladenburg & Reiche の方法[6)]では被測定プラズマと光源のプラズマを同一条件で生成し，$k_\nu' L' = k_\nu L$ とする。この結果，吸収量は次式で表わされる。

$$A_L=\frac{\int (1-\exp(-k_\nu L))^2 d\nu}{\int (1-\exp(-k_\nu L))d\nu} \tag{4}$$

ただし比較的低気圧で，自然吸収量（natural damping）が十分小さいことが必要である[6)]。

次に吸収係数の周波数依存性について考える。低気圧グロー放電ではスペクトル線の拡がりはドプラー幅で決定され次式で表わされる。

$$k_\nu = k_0 \exp(-\omega^2) \qquad \omega = 2\sqrt{\ln 2}\,(\nu - \nu_0)/\Delta\nu \tag{5}$$

ここでk_0は中心周波数ν_0における吸収係数，$\Delta\nu$はドプラー幅の全半値幅で，次式で表わせる。

$$\frac{\Delta\nu}{\nu_0} = \frac{2\sqrt{\ln 2}}{C}\sqrt{\frac{2kT_g}{M}} \tag{6}$$

ここでkはボルツマン定数，T_gは気体温度，Mは気体質量，Cは光速である。

(1)，(5)式より次式が得られる。

$$k_0 = \frac{2}{\Delta\nu}\sqrt{\frac{\ln 2}{2}}\,\frac{g_2}{g_1}\,\frac{C^2}{\nu_0^2}\,A_{21}N$$

$$\text{または，}\ N = \frac{\Delta\nu}{2}\sqrt{\frac{\pi}{\ln 2}}\,\frac{g_1}{g_2}\,\frac{\nu_0^2}{C^2}\,\frac{1}{A_{21}}\,\frac{k_0L}{L} \tag{7}$$

一方(4)式はk_0Lをパラメータとする次の定積分で表わされる。

$$A_L(k_0L) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty}(1-\exp(-k_0L\exp(-\omega^2)))^2 d\omega}{\int_{-\infty}^{\infty}(1-\exp(-k_0L\exp(-\omega^2)))^2 d\omega} \tag{8}$$

そこで，k_0Lに対しA_Lを計算しておき，測定より得られた値(3)式と比較することによりk_0Lを求め，(7)式より密度Nが導出できる。(8)式は計算機により実行でき，その結果を図1に示した。比較的吸収量の小さい領域が重要なので，図にもA_Lが0.4以下について示した。

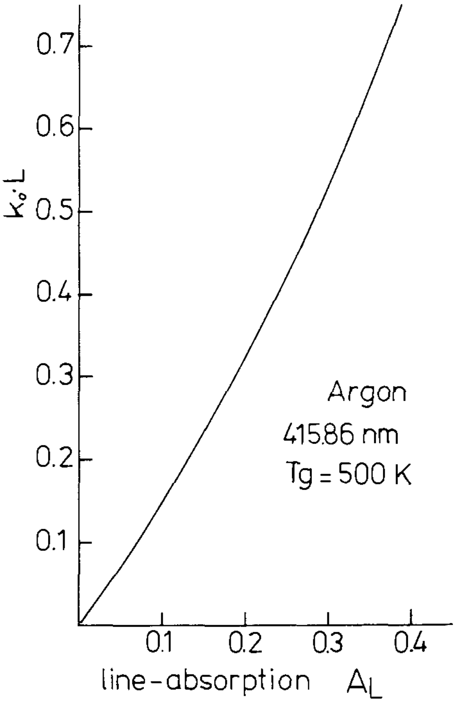


図1 吸収係数k_0，プラズマ長Lに対する吸収量A_L (8)式の数値計算した結果

2.2 放電管と測定系

円筒形中空陰極はステンレス製（B3/4 鋼管）で内直径 19.4 mm，長さ 150 mmでステンレス製のフランジ（2 1/2）にねじ込んである。陽極は内直径 40.5 mm，長さ 80mm厚さ 2 mmの円筒形の黄銅管を同じ厚さの黄銅板にとりつけたものである。放電用電極は2 1/2 系のステンレス真空容器に組み込み，二組の陰極陽極が同一軸上になるように構成した。図2に，真空容器および電極系の関係を示す。各電極はフランジを通して排気装置の外側から別電源で放電させた。電源は整流後ＬＣフィルタで平滑したのみで，L＝10Ｈ，C＝10μF である。

実験は排気装置側の電極系を光源側とし，被測定側の中心付近からアルゴンガスを導入し，排気装置側の陽極のすぐ近くにおいたピラニ真空計により気圧を測定監視しながら行った。二組の電極系の間は 10mm離れているが，陰極間では 40mm離れており被

測定側の陽極の配置が多少気になった。すなわち，同一プラズマを生成するための障害となる可能性がある。なお，電極の加熱による気体温度の影響を考えて，実験中は微かに気体を流しながら行った。

負グローからの発光は放電管の軸方向から光ファイバを用いて分光分析装置[7]に導いた。図2のようにプラズマからの発光を，被測定プラズマの陰極の端から約150mmのところにある2mmφのピンホールでしぼった後長さ120mm，6mmφのパイプ内を通って他端につけた光ファイバに入射させた。自記分光分析装置（日本分光工業，CT－100 CP）を光電測光方式で使用した。本装置を焦点距離1m，ブレーズ波長300nmの平面回折格子（刻線1200本/mm）をもつ分光器として用い，出射光を光電子増倍管（浜松ホトニクスR 292）により検出，増幅後XYレコーダに記録した。なお増幅は位相検波増幅器（ロックインアンプ）を用いるため，分光器入射スリット前の光チョッパを利用している。分光器スリットは幅0.02mm，高さ4mm一定とした。

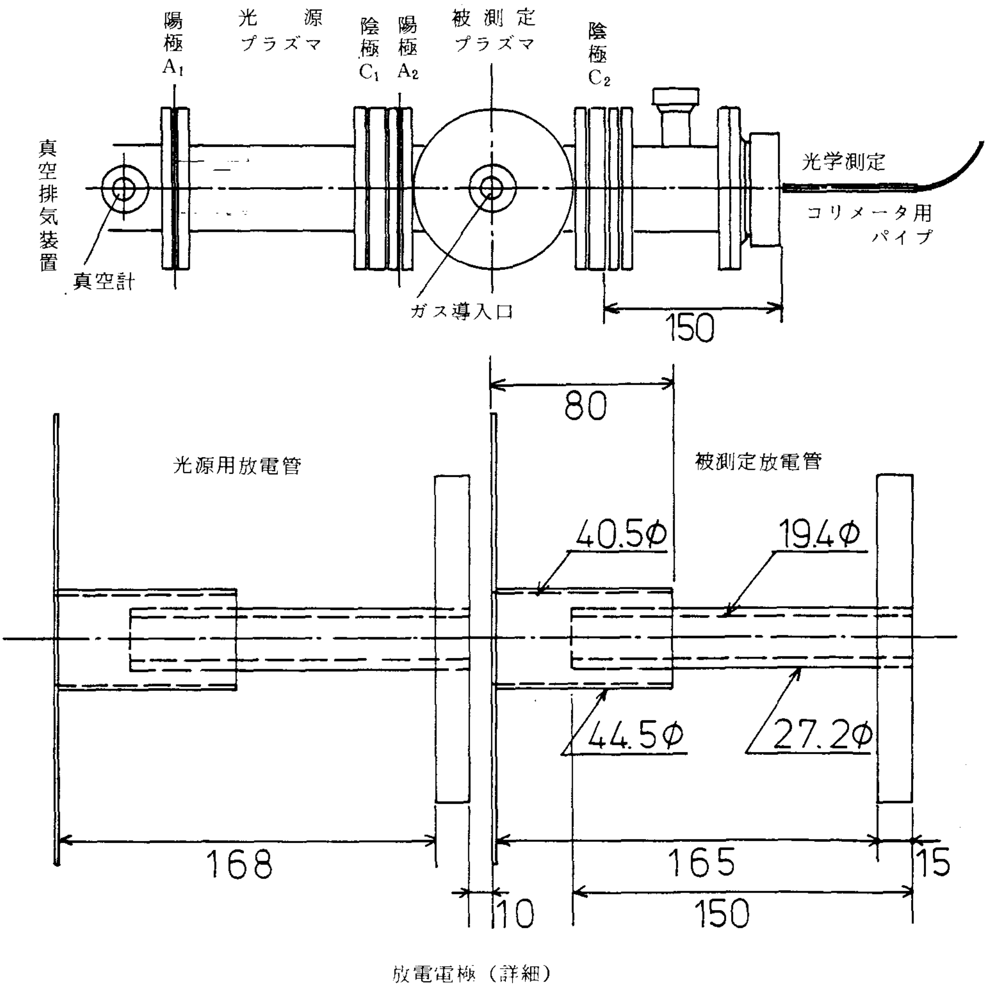


図2　使用した放電管と電極配置および測定系の配置

2.3 実験手順

実験は低気圧（20～70 Pa）とし，放電電流 10～180 mA について行い，準安定原子密度の放電電流依存性について測定した。測定の手順は，光源のみを点灯した時の発光スペクトル分布を記録する（I_1）。次に光源および被測定プラズマの両方を同一電流で点灯した場合の発光スペクトル分布を記録した（I_{1+2}）。最後に被測定プラズマのみの場合（I_2）を記録した。分光器掃引速度はすべて同一とし 0.15 nm/min とし，ロックインアンプの増幅度を調整して，最大振れとなるように記録した。以上より(3)，(8)式を用いて k_0L を求める事ができる。

さて，アルゴンの準安定準位は 2 つあるが，今回は最も低い準位にある $4s_{12}$（パッシェン記法 $1s_5$）の測定を行うものとした。測定に用いたスペクトル線は，比較的発光強度が強かった 415.86nm を利用した。この線は光学遷移 $5p_{12}-4s_{12}(4p_6-1s_5)$ に対応し，文献より $A_{21}=0.0145\times10^8\,\mathrm{sec}^{-1}$，統計重率 $g_2=g_1=5$ の値を用いた。[8]

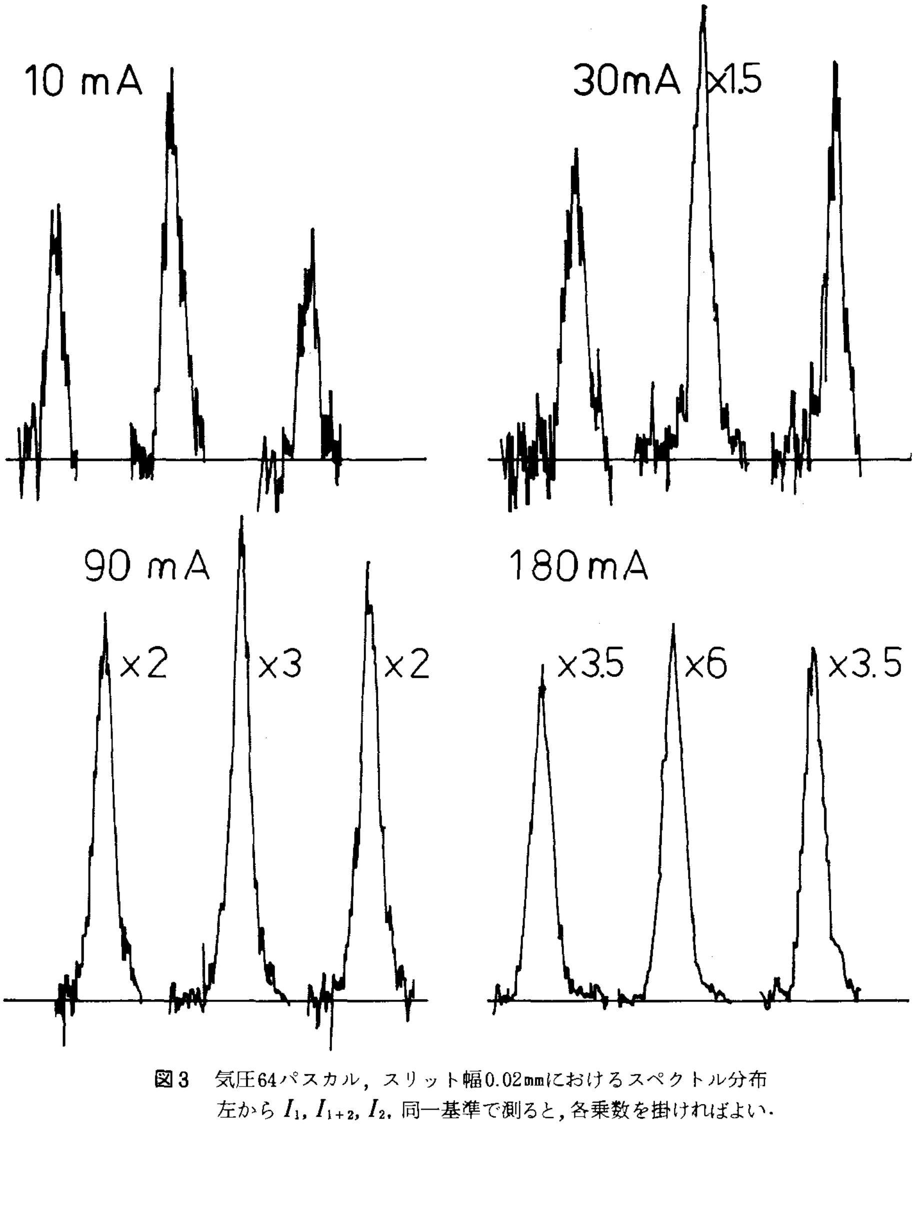


図 3　気圧64パスカル，スリット幅0.02mmにおけるスペクトル分布
左から I_1，I_{1+2}，I_2．同一基準で測ると，各乗数を掛ければよい．

ところで(6)式のドプラー幅は，気体温度 $T_g=500$K で $\Delta\nu/\nu_0=2.53\times10^{-6}$ 程度となる。$\lambda_0=415.86$ nm にて $\Delta\lambda=1.05\times10^{-3}$nm となり非常に小さい。一方，測定系のもつ装置幅は分散能 0.8nm /mm でスリット幅 0.02mm にて 1.6×10^{-2}nm 以上あり，ドプラー幅に比べ非常に大きい。その結果測定記録されたスペクトル分布はその形が装置幅により決定され，最適のスリット幅の場合装置幅を全半値幅とする三角形の分布となる事が知られている。[9] そこで，I_1, I_2, I_{1+2} のスペクトル分布が三角形で全半値幅が等しいと仮定すると，それぞれのスペクトル分布の全面積は最大値で代用できる。各スペクトルの最大値を求める事により吸収量 A_L を導出することができる。

以上のことから，準安定原子密度は k_0L に対し次の数値関係で表わされる。(7)式より

$$N=1.95\times10^{13}k_0L/L \quad (\mathrm{cm}^{-3})$$

ただし，$T_g=500$K， $L=15.0$cm.

次に測定結果の検討のため単探針による電子温度と電子密度の測定も試みたので，簡単に説明しておく。[10] 使用した探針は直径 0.5㎜のタングステン線を直径 11㎜のガラス管に封じたものを用い，タングステンの長さ 5㎜部分が電極となる円筒形探針である。光学系の代りに同一方向から探針を挿入し，被測定負グロープラズマの端の部分に探針の金属部分のみが入るように設定した。陽極を基準電位とし，探針電流の対数変換増幅した値と探針電流の二次微係数をレコーダに記録した。得られた曲線より，その傾きから電子温度を求め，二次微係数が零または極小の位置を空間電位として電子密度を算出した。

§3　実験結果とその検討

初めにスペクトル分布の測定例を図3に示す。横軸は波長で右へ向って増加する。縦軸は発光強度を示す。気圧 64.0Pa，放電電流がそれぞれ 10，30，90，180 mAの場合を示す。各電流値における I_1, I_{1+2}, I_2 の順に示した。各スペクトル分布の形状はほぼ三角形となっている事がわかる。しかし電流の大きい場合にはすその拡がりが増し多少ずれてくるようであるが比較的小さいので簡単のため無視する。全半値幅はほぼ 0.02nm であった。また，電流値の小さい所では発光が弱くなり，それに従い信号対雑音比が悪くなり吸収量の測定に大きな誤差が含まれる。波長は 415.86nm である。

そこで，スペクトル線分布の最大値を発光強度として，放電電流に対する変化を図4に示す。

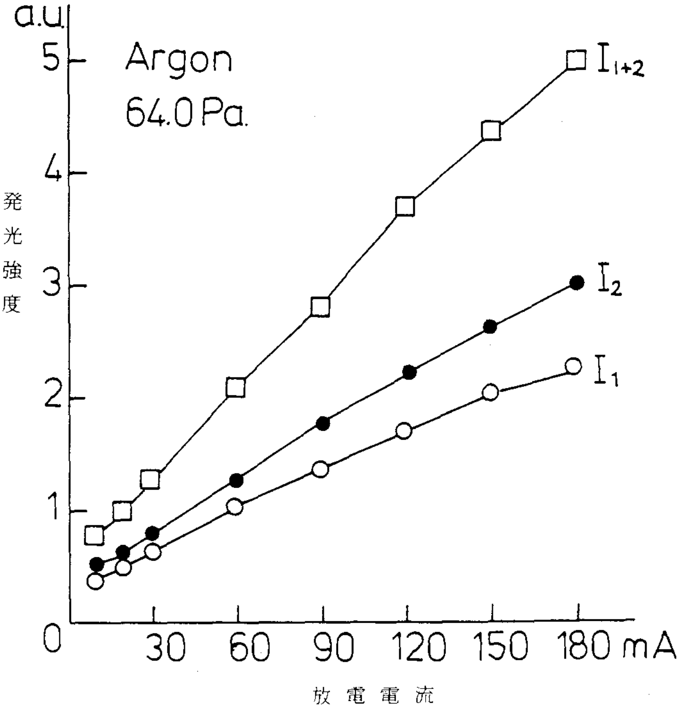


図4　415.86nmの発光強度と放電電流との関係
I_1（光源），I_2（被測定プラズマ）

電流の増加とともに発光は直線的に強くなっている。ただし図では多数の同一条件の測定結果の平均値が示してある。光源の発生は被測定プラズマの発光 I_2 と比べ少し弱くなっている。これはピンホールにより入射光を平行光線にする機能が不十分である事と発光源の位置関係によると思われる。ここで，気圧が低くなると発光は強くなるが，直線関係および各発光強度の関係は不変である。

そこで，準安定原子密度を求めると図5のようになる。放電電流の小さい場合密度が高く，電流の増加とともに密度は減少し 60 mA以上でほぼ一定値 4×10^{11} cm^{-3} となっている。気圧が21.3，42.7，64.0 Pa の3つの場合とも同様の電流依存性をもっている。気圧が低い方が微かに密度が大きいようである。上述のように放電電流の小さい領域では雑音のため測定精度に問題がある。これを考慮すると 10 mAに対する測定値を除いて図を見なおしてみる。すると電流値 30 mA 位まで電流増加とともに準安定原子密度も増加している。その後ほぼ一定ないしわずかに減少していくようである。

次に単探針による電子温度（白ヌキ），電子密度（黒ヌリ）の放電電流依存性を図6に示す。測定は21.3，133.3 Paの場合である。図をみると電流が60 mA以下で電子温度が電流増加とともに急激に低下し，それより電流の大きな領域ではほぼ一定値となっている。電子密度につい

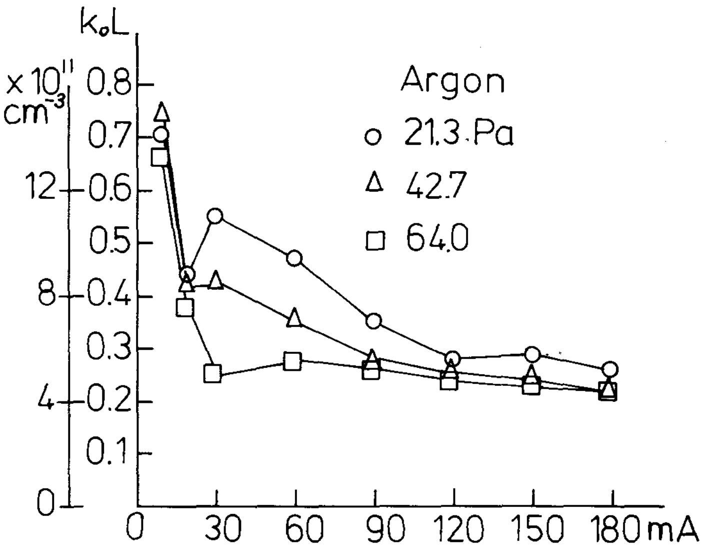


図5 放電電流に対する吸収係数および準安定原子密度

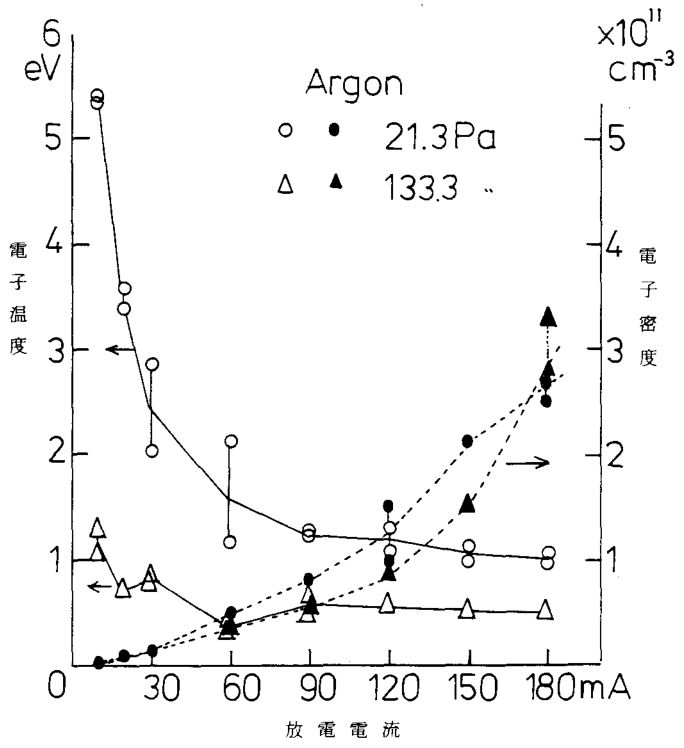


図6 単探針による電子温度（白ヌキ），電子密度（黒ヌリ）の放電電流依存性

ては，電流の増加とともに増加し，その増え方はかなり急激である。

電圧電流特性の一例を図7に示す。気圧64.0Paで図3のスペクトル分布に対応している。一定気圧の下，放電電流の増加により放電維持電圧は増加している。光源側（白丸）と被測定プラズマ側（白三角）が，それぞれ単独で放電した場合である。二つの放電を同時に点灯した場合（黒ぬりしたもの）には電流を一定に保つと放電電圧が変化している。被測定プラズマ側では放電維持電圧は減少し，光源側では30mA以下では低下または不変であるが，電流増加により放電維持電圧は増加している。この現象は，他の気圧の場合にも同様であった。両プラズマは同一電極形状であるが，実験時気流があったためその上流側の被測定プラズマと下流の光源側に対しそれぞれの動作気圧が異なっていたものと考えられる。相対的に気圧が低くなった光源側の放電維持電圧は高くなったものと思われる。[11] また，測定中の陰極温度も影響している。[11] これらの事は放電の電圧電流特性にも現われ，再現性の悪さによる。このことは，光学測定にも同様に現われていた。

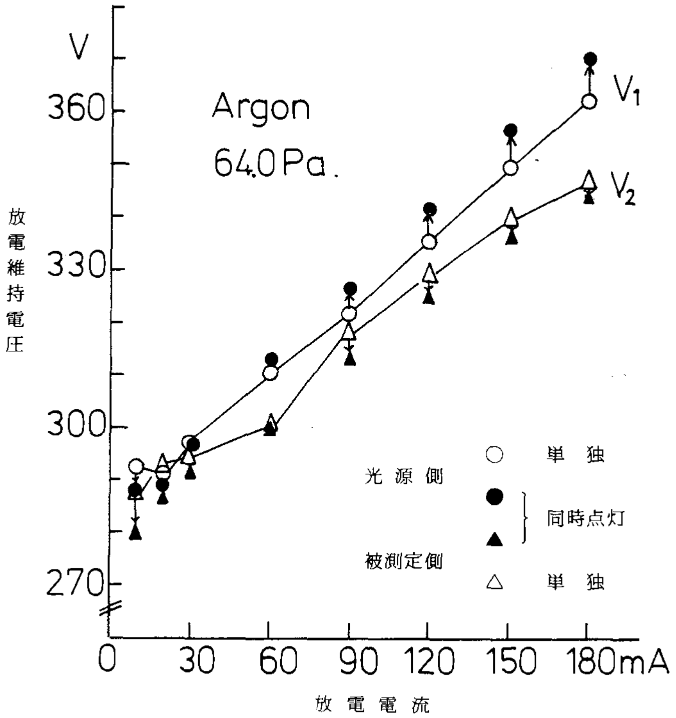


図7　中空陰極放電の電圧電流特性
二つの放電が点灯されている時，放電電圧が変化している．

電圧電流特性の変化が他の放電の発光を吸収することにより生じる事はオプトガルバノ効果[12]として知られている。この現象の説明には多くの素過程が含まれており，その解析は非常に困難であるが最近ではレーザーの単色光でこの現象をひき起こして，その解析が行われ始めている。[5]

以上の実験結果をまとめると次のようになる。中空陰極中心軸上の負グロープラズマについて，準安定原子密度は放電電流の増加により30mAまでで急増し，その後わずかに減少しつつほぼ一定値となる。また電子温度については，電流とともに急激に減少し60mA以上でほぼ一定値になる。電子密度については，電流に比例して増加しその増え方は直線関係より急激になっていた。

さて，異常グロー放電では電流の増加とともに陰極からの電子放出量が放電維持に不足するため暗部が長くなりその空間の電界強度が増し電離により電子をまかなうようになる。一方，中空陰極放電の場合，陰極からの二次電子放出を γ_p や γ_m で補えるためその変化は少なくてすむ。そして大きな違いとして暗部長は短くなる。[2] そして高速電子が陰極内で往復運動し効率よく電離・励起をすることである。[1] 以前に報告した負グロー内の電子エネルギー分布をもとに考えることにする。[13] それによると，陰極降下電圧で加速された電子は負グローに入射する。この入射電子量が増加すると電子エネルギー分布のうち高エネルギー電子の増加となり，平均エネルギーは上昇する（図3より[13]）。また高エネルギ

一電子は次々と気体分子と衝突し電離励起を活発に行い，しだいに低エネルギー電子も増加し平均エネルギーを低下させ，電子密度は増加する（図4より[13]）。また，陰極降下電圧の上昇もあり，負グロー入射電子のエネルギーが増加し，電離励起の増加に寄与する。すなわち，負グローへの入射する高速電子の数の増加と電子エネルギーの増加の効果が電流増加に寄与する。後者の割合は前者に比べ小さいように思われる（図9より[13]）。

以上は負グロー内の電子についてであるが，イオンや準安定原子について考えると電子数の増加とともにイオン，準安定原子も増加する。そして，イオンや準安定原子は陰極面に向って拡散し，二次電子放出として新しい電子を発生させる。その量については，径方向の各粒子束を調べてみる必要がある。一方，実験結果が示す電流増加により準安定原子密度の減少は，以上の事に反するように思われる。この点については次のように考えられる。すなわち，準安定原子が熱電子により共鳴準位に遷移し，光量子の放出による光電子放射 γ_p の増加に影響している。

そして，径方向の変化についてみると電流の増加は負グローを陰極面に近寄せ（暗部長の短縮）[10]，放電電圧の上昇により発生イオン数の増加と陰極面近くでより多く発生するため，陰極に到達するイオンによる二次電子放出の増加も考えられる。[14]また準安定原子についても同様の事も考えられる。励起の中心が陰極面側に近づき，中心軸付近での励起が減少する事が考えられる。（これは相当気圧が高い場合には考えられる。）

これらの事から放電電流の増加にもかかわらず準安定原子密度が増加しない理由は定性的には次のように考えられる。電流の増加，電子密度の増加により低速熱電子が増加する。そして中空陰極の中心部に多く集中する。これらの電子は準安定原子と衝突し，共鳴準位へ励起したり累積電離励起を生じ準安定原子密度は減少する。一方，準安定準位への励起の増加はホローカソード放電内では衝突断面積の関係から電離に比べ非常に少ない。この結果，準安定準位の損失が励起を上回るため，その密度が電子密度増加にもかかわらず増加しなかったものと考えられる。

以上の説明を定量的に確かめるためには，径方向分布を考慮し，電子エネルギー分布やレート方程式等から電子密度や準安定原子密度を計算する必要がある。現在十分な結果が得られていないので今後逐次進めてゆきたい。

測定系の信号雑音比の改善，放電の再現性の確立，測定原理異なる方法による追試験等，今後に残された課題である。なお実験的には，イオンの挙動の把握（イオンの径方向分布や流束の変化など）が中空陰極放電の励起機構の解明の要点になるように思われる。

§4 まとめ

低気圧中空陰極グロー放電の中空陰極内の準安定原子密度の測定を光吸収法により行った。陰極は円筒形ステンレス製で内直径19.4mm長さ150mmである。測定は陰極中心部の負グローについて放電軸方向より行い，放電電流に対する準安定原子密度の変化を得た。気体はアルゴンを用い，気圧20～64 Paについて，放電電流10～180 mAとした。

準安定原子密度（$2s_{12}$）は30 mA位まで増加した後わずかに減少するものの，ほぼ一定値$4\times10^{11}\mathrm{cm}^{-3}$であることがわかった。また，単探針による測定により，電子温度や電子密度も求め定性的な検討を行った。その結果，準安定原子密度が放電電流の増加に対し増加しない理由は，低速の電子による準安定準位の破壊によるものと考えられる。このような準安定準位の破壊は，共鳴準位からの光量子の増加や陰極面へのイオンや準安定原子の流束を増加させる，すなわちホローカソード効果と関連している。

測定系の信号雑音比が悪く低電流域での測定に大きな誤差を含んでしまった。中空陰極放電の励起機構における準安定準位の効果について検討するには今回の結果のみでは不十分である。理論的な解

析も重要であるが，実験的にイオンの挙動やγ作用に関係する各素過程の定量的測定とその比較が重要である事がわかった。

最後に，本実験に使用したステンレス製放電装置の製作に御協力を頂いた本校実習工場の関係諸氏に心より感謝致します。

参考文献

1) 藤井寛一：応用物理　50 (10) (1981) 1073～1081 解説
2) 藤井寛一：電気学会論文誌A　96 (1) (1976) 39～44, ibid 96 (9) (1976) 427～432
3) V. N. Glazunov, V. G. Grechenyi, A. S. Metel': Sov. Phys. Tech. Phys. 27 (9) (1982) 559～562
4) A. I. McIntosh, M. H. Dunn, I. K. Belal: J. Phys. D11 (1978) 301～311, ibid 313～323
5) E. Pe Marinis, A. Sasso, E. Arimond: J. Appl. Phys. 63 (3) (1988) 649～655
6) A. C. G. Mitchell, M. W. Zemansky: "Resonance radiation and excited atoms" the Univ. Press. (Cambridge 1934)
7) 山崎勉，原田一彦：呉高専研究報告　23 (2) (1988) 29～40
8) D. E. Gray (ed): "American Institute of Physics Handbook" 3rd. (McGrow-Hill 1972)
9) 工藤恵栄：「分光の基礎と方法」（オーム社，昭和60年）
10) 山崎勉：呉高専研究報告　23 (1) (1987) 81～90
11) 山崎勉：呉高専研究報告　19 (1) (1983) 75～82, ibid 22 (2) (1987) 73～78
12) E. M. van Veldhuizen, F. J. de Hoog, D. C. Schram: J. Appl. Phys. 56 (7) (1984) 2047～2055
13) 山崎勉：呉高専研究報告　20 (2) (1985) 85～99
14) A. S. Metel': Sov. Phys. Tech. Phys. 30 (10) (1985) 1133～1136

（昭和63年4月15日受付）

平衡状態における室内平均音圧レベルに及ぼす開口近傍反射の影響

<COUPLED ROOMの音響特性に関する研究>

(建築学科)　藤井　健

Effects of Reflected Surfaces Connected to an Opening on Steady State Sound Pressure Levels

〈 Studies on Acoustic Characteristics of Coupled Rooms 〉

Takeshi FUJII

I have studied the sound pressure levels (SPL) in the rooms which are coupled by an opening near the center of the partition between two rooms.

In this report, the effects of the reflected surfaces connected to an opening on SPL in coupled rooms are discussed. And the following properties of SPL in the sound receiving room became evident after this study.

1) If the surfaces connected to an opening reflect the sound energy completely,the increase of SPL in the room is estimated to less than 6dB.
2) If the surfaces have large sound absorption power, the SPL in the room is attenuated,and this fact has suggested it can be effective method for control of SPL in coupled rooms.

§1 緒　言

Coupled Room の音響に関する研究は，古典的なものとして Eyring による研究[1)]がよく知られている。彼は開口によって結合された二室内の音響エネルギーの減衰過程（残響特性）を，拡散理論によって解析し，実験的検討も加えた結果，減衰曲線の曲りは計算より早く生じること，計算値は減衰率を過大に評価すること等を指摘している。また Cremer[2)]，池谷[3)]，平山ら[4),5)]，および Lyle[6)~8)]は Eyring とほぼ同様の研究を行なっており，いずれも残響特性に力点を置いた研究である。

また，彼等は減衰に入る前の平衡状態の両室内の平均エネルギー密度式を示しており，すべて Eyring と同じ表現となっている。Lyle は平衡状態における音圧レベルについて実験的にも検討しており，開口面積が断面積（開口のある間仕切壁の面積）に比較して小で室内が拡散状態であれば，Eyring 式が有用であること，二室が同サイズで吸音率が 0.2 以下，開口面積が断面積の 1/3 以上であれば，虚像法による予測が正確であることを示している。[9)]

筆者は先にエネルギー的手法で，音源位置を考慮に入れた Coupled Room の各室内の平均エネル

ギー密度を示す理論式を提案し[10),11)]，既往のEyring式との比較および実験値との比較を行なった。その結果，音源から開口を見込む立体角と全球を見込む立体角の割合（開口立体角比）が，開口面積と室内表面積の割合（開口面積比）に等しい位置に音源があれば，提案式と Eyring 式は完全に一致すること，また音源のある室（音源室と呼ぶ）の吸音率が小であれば，音源位置の室内平均音圧レベルに及ぼす影響は小であること，音源室内の吸音率が高くなるに従って，受音室の平均音圧レベルは音源位置の影響を強く受け，提案式による予測の方が正確であること，音源室内平均音圧レベルに及ぼす音源位置の影響は－3.01dB～1.76dBの範囲内であることが見出された。[12),13)]

ただ上述の研究は，開口が間仕切壁の中央付近にあり，床，壁あるいは天井の反射の影響は無いものとしているが，もし開口がこれらに接している場合は，当然これらの面の反射の影響があるものと考えられる。そこでこの報告は，開口が反射面に接している場合の反射の影響を考慮して，平衡状態における室内平均音圧レベルを与える計算式を導き，開口位置が平均音圧レベルに及ぼす影響について考察したものである。

§ 2 反射の影響を考慮した平均エネルギー密度

Fig. 1 に示すように，室容積が $V_1, V_2\,(m^3)$，開口を除いた室内の表面積が $S_1, S_2\,(m^2)$，開口を除いた室内の平均吸音率が α_1, α_2，同じく平均反射率が r_1, r_2 の『1室』と『2室』が面積 $S_0\,(m^2)$ の開口 O で結合されている。

開口 O はFig. 2 に示すように，床面 f と壁面 w に接しており，床面を鏡面とする虚開口（開口 O の虚像）を O_f，壁面を鏡面とする虚開口を O_w，床面および壁面を鏡面とする虚開口を O_{fw} とする。

いま1室内（音源のある室という意味で音源室と呼ぶ）に時間的に一定出力 W(W) のノイズを発生している無指向性点音源があり，点音源から実開口 O を見込む立体角を $\omega_0\,(sr)$，虚開口 O_f を見込む立体角を $\omega_f\,(sr)$，虚開口 O_w を見込む立体角を $\omega_w\,(sr)$，さらに虚開口 O_{fw} を見込む立体角を $\omega_{fw}\,(sr)$ とする。

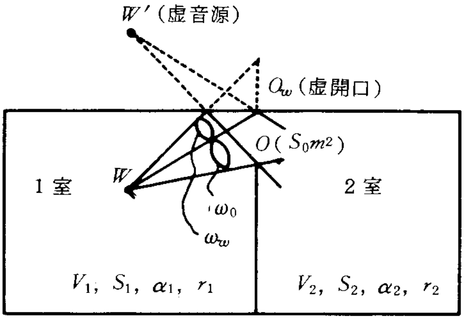


Fig. 1 Coupled Room

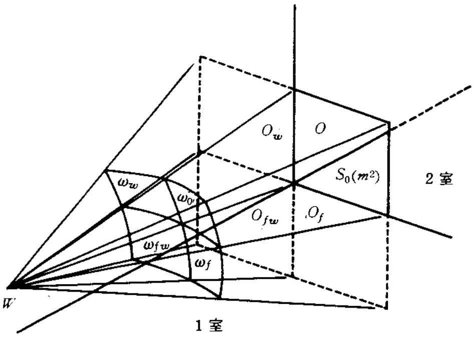


Fig. 2 音源からみた実開口と虚開口およびそれらの立体角

2・1）直接音エネルギーの透過

無指向性点音源から発生しているノイズの直接音エネルギーが，実開口に入射する確率は $\omega_0/4\pi$ であり，直接音エネルギーが床，壁，床壁で鏡面反射するものと考えれば，虚開口 O_f, O_w, O_{fw} に入射しようとする確率はそれぞれ $\omega_f/4\pi$, $\omega_w/4\pi$, $\omega_{fw}/4\pi$ となる。ただし，反射面で鏡面反射するエネルギーは，開口近傍床面（反射率 r_{1nf}）で1回反射した後虚開口 O_f に入射し，開口近傍壁面（反射率 r_{1nw}）で1回反射した後虚開口 O_w に入射し，また開口近傍床面で1回，開口近傍壁面で1回の計2回の反射の後虚開口 O_{fw} に入射するものと考えられる。すなわち直接音エネルギーが実開口 O と虚開口 O_f, O_w および O_{fw} に入射する確率はこれらの反射を考慮するとそれぞれ，$\omega_0/4\pi$, $\omega_f\cdot r_{1nf}/4\pi$, $\omega_w\cdot r_{1nw}/4\pi$ および $\omega_{fw}\cdot r_{1nf}\cdot r_{1nw}/4\pi$ となる。従って直接音エネルギーの開口入射確率 ω_i は下式となる。

$$\omega_i = (\omega_0 + \omega_f \cdot r_{1nf} + \omega_w \cdot r_{1nw} + \omega_{fw} \cdot r_{1nf} \cdot r_{1nw}) / 4\pi \qquad (1)$$

また直接エネルギーに対する1室内の反射率 r_{dr} は，開口の反射率を r_0 とすれば(2)式となる。

$$r_{dr} = \{1 - (\omega_0 + \omega_f + \omega_w + \omega_{fw}) / 4\pi\} \cdot r_1 + \omega_i \cdot r_0 \qquad (2)$$

音源位置が開口面法線上であるとすると，(1)式で示される入射確率で入射し，開口の透過率 τ_0 に従って透過した直接音エネルギーは，開口位置からみた2室の空間の広がり（1/4は自由空間で3/4は反射面）から考えて，次の反射を行なうと考えられる。すなわち，直接実開口 O を透過したエネルギーの1/4は自由空間に広がって行き，1/4は2室の開口近傍床面で反射し，1/4は開口近傍壁面で反射し，残り1/4は床面および壁面で反射する。床虚開口 O_f を透過したエネルギーは，1/2は自由空間に広がり，1/2は2室の開口近傍壁面で反射し，壁虚開口 O_w を透過したエネルギーの1/2は自由空間へ，1/2は開口近傍床面で反射する。さらに床壁虚開口 O_{fw} を透過したエネルギーはすべて2室の自由空間に広がって行く。2室の開口近傍床面の反射率を r_{2nf}，開口近傍壁面の反射率を r_{2nw}，開口のエネルギー透過率を τ_0 とすると，1室および2室の開口近傍の反射を考慮した2室への直接音エネルギーの透過確率 $\omega_d \cdot \tau_0$ は(3)式となる。

$$\omega_d \cdot \tau_0 = \{\omega_0 (0.25 + 0.25 r_{2nf} + 0.25 r_{2nw} + 0.25 r_{2nf} \cdot r_{2nw}) + \omega_f \cdot r_{1nf} (0.5 + 0.5 r_{2nw}) + \omega_w \cdot r_{1nw} (0.5 + 0.5 r_{2nf}) + \omega_{fw} \cdot r_{1nf} \cdot r_{1nw}\} \cdot \tau_0 / 4\pi \qquad (3)$$

2・2）拡散音エネルギーの透過

拡散音エネルギーは前報と同様に，1室では開口面積比 $s_1 = S_0 / (S_1 + S_0)$ の確率で，2室では $s_2 = S_0 / (S_2 + S_0)$ の確率で開口部に入射するものとする。ただし入射する拡散音エネルギーのうち，1/4は開口近傍で反射せずに直接開口に入射し，1/4は開口近傍床面で反射した後開口に入射，1/4は開口近傍壁面で反射した後開口に入射，さらに残る1/4は開口近傍床面および壁面で反射した後開口に入射する。入射したこれらの拡散音エネルギーは，開口の透過率 τ_0 に従って透過した後，1/4は開口近傍に入射せずに隣室内空間に広がって行き，1/4は開口近傍床面で反射，1/4は開口近傍壁面で反射，残る1/4は床面および壁面で反射後，隣室内空間に広がって行く。何故なら，拡散音エネルギーは開口にあらゆる方向から等確率で入射すること，開口から透過して行く隣室の空間の広がりは1/4が自由空間で3/4が反射面で制限されていることから考えると，上記の反射現象が理解できる。

以上の考察を1室から2室へ透過する拡散エネルギーの反射の影響も含んだ減衰率 t_1，2室から1室へ向う時の減衰率 t_2 で表わすと，(4)式，(5)式となる。

$$t_1 = 0.25(1 + r_{1nf} + r_{1nw} + r_{1nf} \cdot r_{1nw}) \times 0.25(1 + r_{2nf} + r_{2nw} + r_{2nf} \cdot r_{2nw}) \qquad (4)$$

$$t_2 = 0.25(1 + r_{2nf} + r_{2nw} + r_{2nf} \cdot r_{2nw}) \times 0.25(1 + r_{1nf} + r_{1nw} + r_{1nf} \cdot r_{1nw}) \qquad (5)$$

2・3）反射の影響を考慮した室内平均エネルギー密度

別報[14]で導出した反射の影響のない場合の1室内および2室内の平均エネルギー密度 E_1 (J/m^3)，E_2 (J/m^3) は，(6)式および(7)式である。

$$E_1 = \frac{4W}{c(S_1 + S_0)} \left\{ 1 + \frac{r_d}{\bar{\alpha}_1} + \left(\omega \tau_0 + \frac{r_d s_1 \tau_0}{\bar{\alpha}_1} \right) \frac{s_2 \tau_0}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \Big/ \left(1 - \frac{s_1 \tau_0 s_2 \tau_0}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right) \right\} \qquad (6)$$

$$E_2 = \frac{4W}{c(S_2 + S_0)} \left(\omega \tau_0 + \frac{r_d s_1 \tau_0}{\bar{\alpha}_1} \right) \frac{1}{\bar{\alpha}_2} \Big/ \left(1 - \frac{s_1 \tau_0 s_2 \tau_0}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right) \qquad (7)$$

(6)式，(7)式の r_d に(2)式で求められる r_{dr}, $\omega\tau_0$ に(3)式の $\omega_d\tau_0$ を代入し，$s_1\tau_0$ に(4)式の t_1, $s_2\tau_0$ に(5)式の t_2 を乗じると，開口が床および壁に接している場合の，これらの反射を考慮した平均エネルギー密度 E_{1fw}(J/m^3), E_{2fw}(J/m^3)を表わす(8)式，(9)式が得られる。

$$E_{1fw}=\frac{4W}{c(S_1+S_0)}\left\{1+\frac{r_{dr}}{\bar{\alpha}_1}+\left(\omega_d\tau_0+\frac{r_{dr}s_1\tau_0t_1}{\bar{\alpha}_1}\right)\frac{s_2\tau_0t_2}{\bar{\alpha}_1\bar{\alpha}_2}\Big/\left(1-\frac{s_1\tau_0s_2\tau_0t_1t_2}{\bar{\alpha}_1\bar{\alpha}_2}\right)\right\}\cdots\cdots(8)$$

$$E_{2fw}=\frac{4W}{c(S_1+S_0)}\left(\omega_d\tau_0+\frac{r_{dr}s_1\tau_0t_1}{\bar{\alpha}_1}\right)\frac{1}{\bar{\alpha}_2}\Big/\left(1-\frac{s_1\tau_0s_2\tau_0t_1t_2}{\bar{\alpha}_1\bar{\alpha}_2}\right)\cdots\cdots(9)$$

もしも開口が床だけに接している場合は，Fig. 2 に示されている虚開口 O_w および O_{fw} が存在しない（開口が壁だけに接している場合は虚開口 O_f および O_{fw} が存在しない）ため，(1)式，(2)式中の $\omega_w=0$ かつ $\omega_{fw}=0$ として(1・1)式，(2・1)式が得られる。

$$\omega_i=(\omega_0+\omega_f r_{1nf})/4\pi \cdots\cdots (1\cdot1)$$

$$r_{dr}=\{1-(\omega_0+\omega_f)/4\pi\}r_1+\omega_i r_0 \cdots\cdots (2\cdot1)$$

また(3)式は(3・1)式となる。

$$\omega_d\tau_0=\{\omega_0(0.5+0.5r_{2nf})+\omega_f r_{1nf}\}\tau_0/4\pi \cdots\cdots (3\cdot1)$$

さらに(4)式，(5)式は(4・1)式，(5・1)式となる。

$$t_1=0.5(1+r_{1nf})\times0.5(1+r_{2nf}) \cdots\cdots (4\cdot1)$$

$$t_2=0.5(1+r_{2nf})\times0.5(1+r_{1nf}) \cdots\cdots (5\cdot1)$$

これら，(1・1)式，(2・1)式，(3・1)式，(4・1)式，(5・1)式を(8)式，(9)式に代入すれば，開口が床に接した場合の，反射を考慮したエネルギー密度が得られる。当然，(1・1)～(5・1)式の ω_f, r_{1nf}, r_{2nf} をそれぞれ ω_w, r_{1nw}, r_{2nw} に置換すると，開口が壁に接した場合となる。

§3 考　察

開口近傍の床面と壁面の反射が室内平均エネルギー密度に及ぼす影響を考察するため，(8)式および(9)式をそれぞれ(6)式および(7)式で除し，その比 E_{1fw}/E_1 を e_1, E_{2fw}/E_2 を e_2 とし，dB 表示して $\varDelta L_1$(dB), $\varDelta L_2$(dB)とすると下式となる。

$$\varDelta L_1=10\log_{10}e_1=10\log_{10}\frac{\bar{\alpha}_1+r_{dr}+\left(\dfrac{\omega_d\bar{\alpha}_1}{s_1t_1}+r_{dr}\right)\dfrac{s_1\tau_0s_2\tau_0t_1t_2}{\bar{\alpha}_1\bar{\alpha}_2}\Big/\left(1-\dfrac{s_1\tau_0s_2\tau_0t_1t_2}{\bar{\alpha}_1\bar{\alpha}_2}\right)}{\bar{\alpha}_1+r_d+\left(\dfrac{\omega\bar{\alpha}_1}{s_1}+r_d\right)\dfrac{s_1\tau_0s_2\tau_0}{\bar{\alpha}_1\bar{\alpha}_2}\Big/\left(1-\dfrac{s_1\tau_0s_2\tau_0}{\bar{\alpha}_1\bar{\alpha}_2}\right)}\ (\mathrm{dB})\cdots(10)$$

$$\varDelta L_2=10\log_{10}e_2=10\log_{10}\frac{\left(\dfrac{\omega_d\bar{\alpha}_1}{s_1t_1}+r_{dr}\right)t_1\Big/\left(1-\dfrac{s_1\tau_0s_2\tau_0t_1t_2}{\bar{\alpha}_1\bar{\alpha}_2}\right)}{\left(\dfrac{\omega\bar{\alpha}_1}{s_1}+r_d\right)\Big/\left(1-\dfrac{s_1\tau_0s_2\tau_0}{\bar{\alpha}_1\bar{\alpha}_2}\right)}\ (\mathrm{dB})\cdots\cdots(11)$$

3・1) 開口近傍が完全反射する場合

完全反射であるため，反射率 r_{1nf}, r_{1nw}, r_{2nf} および r_{2nw} はすべて1であるため，$t_1=t_2=1$ となる。

もしも音源が実開口 O，虚開口 O_f, O_w, O_{fw} から等距離にあれば，立体角 $\omega_0=\omega_f=\omega_w=\omega_{fw}$ であり，$\omega_d=4\omega$ となり（開口が床と壁に接しているため，通常は $\omega_d<4\omega$ となる），(11)式は（11・1）式と整理される。

$$\Delta L_2=10\log_{10}\frac{(4k-1)\alpha_1+1}{(k-1)\alpha_1+1}\quad(\mathrm{dB})\quad\cdots\cdots\quad(11\cdot1)$$

ただし $k=\omega/s_1$ であり，$\omega=\omega_0/4\pi$ である。

（11・1）式を図示したものが Fig. 3 であり，次の点が明らかとなった。

① 反射の影響は，2室内平均音圧レベルに最大 6dB（開口が床だけに接している場合は 3dB）の増加を与える。

② 音源室内の吸音率が大きい程，反射の影響は強くみられる。

③ 音源が開口に近い程（ω/s_1 が大きい程），反射の影響が強く現れる。

なお，(10)式については簡単に評価することができない。

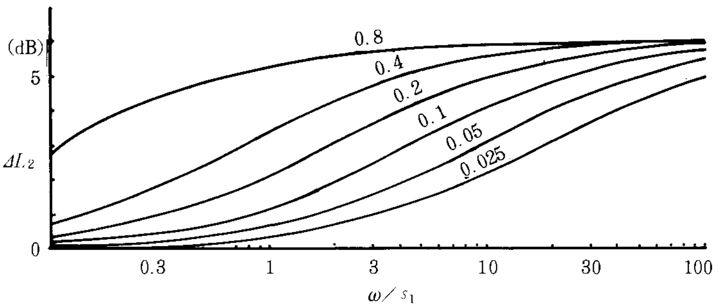


Fig. 3　開口近傍が完全反射の場合の2室内音圧レベルの増加量
（図中の数字は1室内吸音率である）

3・2）計算例による考察

開口近傍が完全反射の場合の2室内平均音圧レベルに及ぼす反射の影響は，明らかとなったが，音源室内平均音圧レベルに及ぼす影響，開口近傍が完全吸音の場合の反射の影響は簡単に評価できない。そこで，定性的な考察を目的として(10)式，(11)式による計算例による室内音圧レベルに及ぼす反射の影響を Fig. 4 に示す。計算に用いた各変数は，呉高専建築学科音響実験室内に作られている実験用 Coupled Room の各部寸法から定めた。その概要を示すと下記の通りである。また音源は開口中心高さ上で，開口法線に対し 45° の各点に位置させた。

$V_1=73.47\,(\mathrm{m}^3)$, $V_2=49.31\,(\mathrm{m}^3)$, $S_1=115.79\,(\mathrm{m}^2)$, $S_2=83.04\,(\mathrm{m}^2)$, $S_0=1.0\,(\mathrm{m}^2)$, $\tau_0=1.0$, $\alpha_1=0.4,\ 0.2,\ 0.1$, $\alpha_2=0.4,\ 0.1$ の組合せで，$r_{1nf}=r_{1nw}=r_{2nf}=r_{2nw}=0.3$ あるいは 0.9 とした。

Fig. 4 から次の点が知見される。

① 音源室内平均音圧レベルに及ぼす開口近傍の反射の影響は，受音室（2室）に比較して極めて弱く，計算例で用いた全ての室内吸音率，開口近傍反射率で 0.5dB以内であった。

② 受音室内平均音圧レベルに与える反射の影響に関して，開口近傍が反射性の場合（Fig. 4 中の破線）音源室吸音率 α_1 が大きい程，反射による増大効果が大（ΔL_2 が大）であり，開口近傍の反射率が小（吸音性大）の場合（Fig. 4 中の実線）は，反対に減音効果（ΔL_2 が負）が認められる。この減音効果は，音源室吸音率 α_1 が小のときの方が大のときに比し，大となる。

③ 受音室吸音率 α_2の大小は，反射の影響（反射による増大効果および吸音減音効果）には，ほとんど関係なく，この計算例では 0.1dB以内であった。

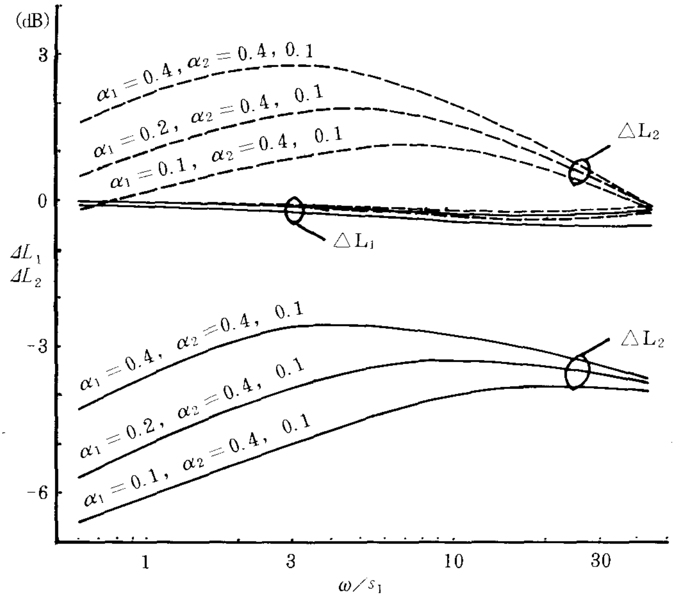


Fig. 4 計算例による開口近傍反射の音圧レベルに及ぼす影響
実線は開口近傍の反射率が 0.3 (吸音率 0.7)
破線 〃 0.9 (〃 0.1)

§4 結 言

以上の考察から次の諸点が結言として得られた。

① 開口が床および壁に接している場合，開口近傍の床壁が完全反射面とすれば，受音室内平均音圧レベルは最大 6dBの増大がある。もしも開口が床か壁のどちらか一面に接している場合，最大 3dBの増大があを。また音源室吸音率が大きい程，増大も大きい。

② 開口近傍の反射面を吸音性にすれば，受音室では減音効果が期待され，Coupled Room内の騒音を低減させるための有効な手段となり得る。この場合，音源室吸音率が小さい程，減音効果は大である。

③ 開口近傍の反射の影響は，受音室に比べ音源室では極めて小で無視しても差支えないものと考えられる。

なお，この研究は，昭和60年度卒業生，松村一成，丸本克哉，昭和61年度卒業生，立川秀児，吉田知子の4氏の卒業研究から多くのヒントを得てまとめたものであり，記して深謝したい。

参 考 文 献

1) Eyring, C. F., Reverberation Time Measurements in Coupled Rooms, J. Acoust. Soc. Am., 3, 181-206, 1931

2) Cremer, L., Gekoppelte Räume, in Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustic. Band 2, Statistische Raumakustic, 56-81, 1961

3) 池谷定雄, "室内に於ける音響減衰（余響）の性質に就て，" 建築雑誌, 昭和7年12月

4) 平山 嵩, "Coupled Room の残響時間（第2報），" 日本建築学会論文報告集, 第60号, 37-40, 昭和33年10月

5) 平山 嵩, 鳥井雅之, 安岡正人, "Coupled Room の音響に関する研究，" 日本建築学会論文報告集, 第69号, 65-68, 昭和36年10月

6) Lyle, C. D., An Improved Theory for Transient Sound Behaviour in Coupled Diffuse Spaces, Acoustics Letters, 4 (12), 248-252, 1981

7) Lyle, C. D., Low Frequency Response of a Rectangular Enclosure with a Change in Cross-section or Containing a Semipartition, Acoustics Letters, 5 (1), 9-15, 1981

8) Lyle, C. D., Sound Decay in a Semipartitioned Rectangular Enclosure with Non-uniform Absorption, and Comparison with Geometric Theory, Acoustics Letters, 5 (2), 30-34, 1981

9) Lyle, C. D., The Prediction of Steady State Sound Levels in Naturally Coupled Enclosures, Acoustics Leters, 5 (1), 16-21, 1981

10) 藤井 健, 緒方信一郎, "Coupled Room の音圧レベルについて，" 日本建築学会中国・九州支部研究報告, 第5号, 昭和56年3月

11) 藤井 健, 緒方信一郎, "Coupled Room の音響特性について＜平衡状態における平均エネルギー密度について＞，" 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和57年10月

12) 藤井 健, "Coupled Room の音響特性について＜平衡状態における平均エネルギー密度 その2＞，" 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和58年9月

13) 藤井 健, "Coupled Room の音響特性について＜平衡状態の受音室内平均音圧レベルに関する実験的考察，" 日本建築学会中国支部研究報告, 第10巻2号, 昭和58年3月

14) 藤井 健, "Coupled Room の音響特性について，" 建築環境工学学術研究発表会資料, 第3号, 昭和62年6月

（昭和63年4月15日受付）

昭和62年度（1月～12月）
本校教官による他誌発表論文一覧表

著　者　名	論　文　題　目	発表誌名または発表場所
渡辺　則文（広大総） 他 120名 宇根　俊範	『角川日本地名大辞典』34 広島県	（昭和62年，角川書店）
宇根　俊範	氏爵と氏長者	『王朝国家国政史の研究』（昭和62年，吉川弘文館）
富田　　豊（近大工） 宮脇　隆志 （ダイキン工業） 岡中　正三	パソコン3次元CADシステムによる自由曲面の設計	近畿大学工学部研究報告第20巻，1986
富田　　豊（近大工） 岡田　　太 （ひろぎんシステムサービス） 松本　幸男 （経営管理センター） 岡中　正三	パソコンによる3次元CAGDシステムの作成	近畿大学工学部研究報告第20巻，1986
笠松　義隆 小島　健一（広大総） 桧原　忠幹（　〃　） 上垣内孝彦（　〃　）	GdZn中の不純物核のNMR	第42回日本物理学会年会講演予稿集（昭和62年，名古屋）
笠松　義隆 当山　忠久（広大総） 小島　健一（　〃　） 桧原　忠幹（　〃　）	Pressure Dependences of Hyperfine Fields in Ferromagnetic Compounds GdX (X=Zn, Cd and Hg)	J. Magn. Magn. Mat. 70 (1987) 294-296
川上　正之 （鹿児島大理） 笠松　義隆 井門　秀秋 （東北学院大）	Temperature and Pressure Dependence of NMR Frequencies in Ferromagnetic Heusler Alloys Containg Cobalt and Manganese	J. Magn. Magn. Mat. 70 (1987) 265-267
小島　健一（広大総） 今井　知之（　〃　） 平岡　耕一（　〃　） 桧原　忠幹（　〃　） 笠松　義隆	NMR Study of Transferred Hyperfine and Exchange Interactions in Ferromagnetic Semiconductor $EuLiH_3$	J. Phys. Soc. Jpn. 56 (1987) 4141-4149

著　者　名	論　文　題　目	発表誌名または発表場所
白川　洋二	COLLEGE ENGLISH Lower Intermediate Course	CHUKYO SHUPPAN (1987)
白川　洋二	COLLEGE ENGLISH Upper Intermediate Course	CHUKYO SHUPPAN (1987)
白川　洋二	COLLEGE ENGLISH Advanced Course	CHUKYO SHUPPAN (1987)
川尻　武信	ＥＳＰに関する一考察	垣田直巳先生退官記念『英語教育学研究』（昭和62年，大修館書店）
川尻　武信	College English for Culture and Technical Communication Lower Intermediate Course	片山嘉雄ほか（昭和62年，中教出版）
若泉　誠一（広大理） 牟田　泰三（　〃　） 米沢　穣（　〃　） 小平　治郎（　〃　） 林　武美	弱電磁相互作用の高次効果の研究	文部省科学研究費補助金（一般研究Ｃ）研究成果報告書 課題番号60540184（昭和62年12月）
河野　正来 灘野　宏正 寺内　喜男（広大工）	移動熱源による表面温度上昇の干渉について	設計製図，22巻，148号（昭62），pp. 427～433.
灘野　宏正	スコーリングに対する歯先の最適面取り係数	設計製図，22巻，144号（昭62），pp. 300～304.
灘野　宏正	接触応力，摩擦力および熱応力による合成応力	機械の研究，39巻，3号（昭62），pp. 388～392.
寺内　喜男（広大工） 灘野　宏正 河野　正来	Seizure Resistance of Coatings in Four Ball Tests, Two Roller Tests and Gear Tests	JSME International Journal, Vol. 30, No. 259 (1987), pp. 146～152.
灘野　宏正 寺内　喜男（広大工）	The Mechanism of Seizure in Two Roller Tests	JSME International Journal, Vol. 30, No. 265 (1987), pp. 1152～1158.
寺内　喜男（広大工） 灘野　宏正 河野　正来 中本　幸義 （オカネツ工業）	Scoring resistance of TiC - and TiN - coated gears	TRIBOLOGY international, Vol. 20, No. 5 (1987), pp. 248～254.
灘野　宏正	Effect of MoS_2 Films on Scoring Resistance of Gears	35th Annual National Convention of the Philippine Society of Mechanical Engineers (Oct. 1987, Manila, Philippines).

著　者　名	論　文　題　目	発表誌名または発表場所
寺内　喜男（広大工） 永村　和照（ 〃 ） 野原　稔 坂本　健二（マツダ） 二段　章（広大院）	円筒試験によるリップリング損傷の研究 （第1報，発生経過と限界について）	日本機械学会論文集，53巻，488号，C編（昭62），pp. 972～979
太田　光雄（広大工） 藤田　幸史 張　兵（広大工）	2種騒音間における回帰分析と分布合成の関係―― dB線形化と Lx利用の簡易評価――	日本音響学会誌 43巻4号（昭和62年）pp. 237-246
太田　光雄（広大工） 藤田　幸史 中迫　昇（広島工大） 張　兵（広大工）	A stochastic theory on the background noise correction considered as an equivalent nonlinear feedback system with digitized level observations and its experiment	ACUSTICA Vol. 63, 1987, pp. 191-202
藤田　幸史 太田　光雄（広大工） 畠山　一達（ 〃 ）	Estimation of reverberation time and prediction of response probability distribution in a room excited by the road traffic noise —Introduction of the information criteria and an experiment	Proceedings of Inter-noise 87, Vol. II, 1987, pp. 1307-1310
太田　光雄（広大工） 藤田　幸史 生田　顕（広大工）	交通騒音に対する応答分布予測を志向した任意遮音壁の暗騒音混入下における一同定法	日本音響学会講演論文集（昭和62年春季，東京）pp. 391-392
TAKUJI OKABE and TOMEI HATAYAMA　（広大工）	Effect of Strain Rate Dependence of m on Ductility in Superplastic Materials	Transactions ISIJ, Vol. 27, No.1 (1987), B31.
野村　利英	逐次形状改善法を用いた局所三次元場有限要素法による電磁機械力の計算	電気学会論文誌D　Vol. 107-D, No. 10, 1987, pp. 1273-1279
山崎　勉	アルゴン中空陰極放電中の準安定原子密度の測定	日本物理学会秋の分科会講演予稿集（昭和62年，仙台，28pH1）
加藤　裕一 山口　静馬（海保大）	L_{50} と Leq の関係式設立に関する基礎的一考察	日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集（昭和62年，東京）
加藤　裕一 山口　静馬（海保大）	部分区間での騒音レベル統計量に対する実測データから全体区間でのLeq 評価量を推定する一手法	日本音響学会昭和62年度春季研究発表会講演論文集（昭和62年，東京）
加藤　裕一 山口　静馬（海保大）	信号制御による非定常交通騒音の一予測方法	日本音響学会昭和62年度秋季研究発表会講演論文集（昭和62年，神戸）

著　者　名	論　文　題　目	発表誌名または発表場所
加藤　裕一 山口　静馬（海保大）	交叉点付近における道路交通騒音の一予測手法	電気四学会中国支部第38回連合大会講演論文集（昭和62年，福山）
山口　静馬（海保大） 加藤　裕一	Leq から L_{50} への変換式設立に関する基礎的考察	同　上
鈴村　信也	機能回路（マクロ）を陽に考慮した論理回路図描画アルゴリズム	同　上
鈴村　信也 藤松　寛（横河電機） 中田　顕一 （大日本スクリーン）	論理検証の容易化を目指した論理シミュレータの試作	同　上
丸上　晴朗 平島　健一（山梨大工）	高次理論による平板の連成熱弾性振動解析	土木学会第42回年次学術講演会講演概要集第1部（1987年，札幌）
田澤　栄一（広大工） 大森研一郎（広島市） 宮本　久士（広大工） 竹村　和夫	促進試験を用いたモルタル中の鉄筋腐食要因の評価	第39回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集（昭和62年，岡山）
竹村　和夫 米倉亜州夫（広大工） 田中　敏嗣（日本セメント）	シリカフュームを用いたコンクリートの乾燥収縮特性	コンクリート工学年次論文報告集，第9巻，第1号（昭和62年）
K. TAKEMURA A. YONEKURA （広大工） S. TANAKA （日本セメント）	Drying Shrinkage of Concrete Using Silica Fume	TRANSACTIONS OF THE JAPAN CONCRETE INSTITUTE Vol. 9, 1987
網干　寿夫（広大工） 小堀　慈久	都市部のまさ土斜面崩壊について ——広島市西区の場合——	第39回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集（昭和62年，岡山）
小堀　慈久 網干　寿夫（広大工）	まさ土地盤の表層の分光反射特性	地盤と建設，土質工学会中国支部論文報告集　Vol. 5, No. 1（昭和62年）
中野　修治 重松　恒美（徳山高専） 田村　隆彦（　〃　）	横方向曲げを受けるＩ桁のせん断耐力について	土木学会第42回年次学術講演会講演概要集第5部（昭和62年，札幌）
大橋　晶良 桃井　清至（長技大） 原田　秀樹（　〃　） 赤池　芳郎（広島県）	砂礫付着生物による有機・無機性窒素の消長	土木学会第42回年次学術講演会講演概要集第2部（昭和62年，札幌）

著　者　名	論　文　題　目	発表誌名または発表場所
大橋　晶良 原田　秀樹（長技大） 桃井　清至（〃） 竹田　　信（熊本大工）	脱窒生物膜形成に及ぼす細胞外ポリマーの影響	第39回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集（昭和62年，岡山）
藤原　章正 杉恵　頼寧（広大工） 田尾　憲亨（豊技大）	世帯の交通―活動パターンの分析	同　　上
藤原　章正 平野　毅志（広大工） 末永　勝久（〃）	通勤者の自由活動配分パターンの分析	土木学会第42回年次学術講演会講演概要集第4部（昭和62年，札幌）
藤原　章正 杉恵　頼寧（広大工） 平野　毅志（〃） 末永　勝久（〃）	通勤者の交通―活動パターンの実証的分析	土木学会土木計画学研究・講演集（No.10）（昭和62年，船橋）
清　和四士	建築士・建築士会に関する若干の考察	広島県建築士会呉地区支部報（No.27）（昭和62年）
藤井　　健	COUPLED ROOM の音響特性について	建築環境工学学術研究発表会資料 Vol. 3，昭和62年
福原　安洋	鉄筋コンクリート耐震壁のせん断力負担に関する実験研究 （その2）配筋に関する実験 II	日本建築学会大会学術講演梗概集（昭和62年，神戸）
篠部　　裕 中山　佳之（豊技大） 瀬口　哲夫（〃） 紺野　　昭（〃） 山崎　寿一（〃）	生活行為からみた宅地空間の変容過程 ――渥美・集落研究 #2――	同　　上
村川　三郎（広大工） 関根　　毅（〃） 成田　健一（〃） 西名　大作 千田　勝也（広大工）	都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究 その3．係留気球による立体観測	日本建築学会中国・九州支部研究報告（第7号）
西名　大作 村川　三郎（広大工）	河川環境の視覚・心理的評価に関する実験的研究 その2．一対比較法による評価分析	同　　上
村川　三郎（広大工） 西名　大作 赤司浩一郎（東陶機器）	子供の遊び場としての河川空間の利用に関する研究 その3．保護者による河川および周辺環境の評価	同　　上

著　者　名	論　文　題　目	発表誌名または発表場所
村川　三郎（広大工） 西名　大作 村田　浩之（広大工）	コンピューター画像処理による河川景観評価に関する実験的研究 その1．実験概要と被験者による評価結果	日本建築学会中国・九州支部研究報告（第7号）
村川　三郎（広大工） 西名　大作 飯尾　昭彦（愛知工大）	都市部における親水施設の利用と住民意識評価について	第3回水資源に関するシンポジウム（昭和62年，東京）
西名　大作 村川　三郎（広大工） 関根　毅（〃）	河川環境の視覚・心理的評価に関する実験的研究 その3．一対比較法による評価と物理的指標との関連	日本建築学会大会学術講演梗概集（昭和62年，神戸）
関根　毅（広大工） 村川　三郎（〃） 成田　健一（〃） 千田　勝也（〃） 西名　大作	居住性からみた都市内河川環境評価に関する研究　その6 ――係留気球による河川周辺部の微気象観測――	同　上
村川　三郎（広大工） 西名　大作 竹田　述生（広大工）	都市内河川における住民のレクリェーション利用行動の分析	同　上
村川　三郎（広大工） 西名　大作 村田　浩之（広大工）	コンピューター画像処理による河川景観評価に関する実験的研究 その2．河川環境構成要素と評価との関連	同　上
関根　毅（広大工） 村川　三郎（〃） 赤司浩一郎（東陶機器） 西名　大作	子供の遊び場としての河川空間の利用に関する研究 その4．小学生の生活行動と河川利用について	同　上
村川　三郎（広大工） 関根　毅（〃） 成田　健一（〃） 西名　大作	都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究	環境シンポジウム 1987 講演報告集（昭和62年，東京）

編 集 委 員

田　邊　達　雄
堀　　　武　夫
京　免　　　進
加　藤　裕　一
竹　村　和　夫
西　村　光　正

呉 工 業 高 等 専 門 学 校
研 究 報 告

第24巻 第1号 (1988)
(通 巻 第42号)

昭和63年8月 印刷
昭和63年8月 発行

編集者
発行者 **呉 工 業 高 等 専 門 学 校**
〒737 呉市阿賀南2丁目2－11
電 話 (0823)71－9121(代)

印刷所 たくみ印刷株式会社
〒733 広島市西区井口明神
2丁目1－21
電 話 (082) 278－2111

MEMOIRS
OF THE
KURE NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

Vol. 24, No.1 (Consecutive No.42)
August, 63rd Year of Showa (1988)

1. Survey on a Sleep — Wake Habits of College Students. ....Keiji ARIHIRO, Tadao HORI, Kan–ichi MASUMOTO, Shigeki MURAKAMI 1

2. Joseph Conrad : Period in the Throes of Birth as a Writer and His Works..Tatsuo TANABE 11

3. Application of Mechatronics to the Lesson of the Workshop Practice..Mitsuo YAMANE, Yukio OHIGASHI, Kensaku TAKAGI 25

4. A Change of a Spectral Distribution of a Compact Fluoresent Lamp by Power Sources...Kazuhiko HARADA, Tsutomu YAMAZAKI 37

5. Experimental Study on the Hollow—Cathode Discharge Ⅵ ....Tsutomu YAMAZAKI 67

6. Effects of Reflected Surfaces Connected to an Opening on Steady State Sound Pressure Levels..Takeshi FUJII 77

List of Papers Published or Read Outside The Kure National College of Technology in 1987. 85