—光源・回路分野—

—Fields of Light Sources and Operating Circuits—

正会員 渡辺 良男
Yoshio Watanabe

1946年生。1969年京都大学工学部電気工学科卒。現在、神奈川大学工学部電気工学科教授。工学博士。光の発生・関連システム研究専門部会委員長。

◀キーワード：光源，回路

各専門部会宛て編集委員会からの執筆依頼・企画書には、「1990年代を総括し、21世紀に向けた照明界の技術・ソフト分野の動向などを展望する」とある。来年の話をすることは「鬼が笑う」と称して古来より戒められてきたことである。ましてや21世紀に向けた話をするなど、誰が笑うやら空恐ろしい限りである。さりとて雑誌に穴を空けるわけにもいかず、どなたかを騙して執筆をたらい回しにする事もかなわず、無謀な事とは承知の上で、冷や汗をかきながら独断的な愚見を述べることにする。鬼が笑いながら読んでいると思えば何を書いても問題ではあるまいと、その点多少気が楽である。

将来を予測する手法の一つは過去を振り返り、そのトレンドで先を予測することである。幸いなことに光源・点灯回路の開発・進展状況は、学会誌に毎年特集号として詳細にまとめられている。また各年の発表事項はその都度照明年報に要約されている。技術の開発動向は、これらを参考にして各自予測を願いたい。ここでは別の角度から見てみよう。

先に「新光源開発の動向」で紹介したように、Waymouth氏は、光源技術は年とともに順調に向上してきたのではなく、20年前後の停滞期を挟んで段階的に進歩してきたと指摘している。技術進歩が段階的に現れるのは、なにも光源開発特有の現象ではない。自然現象を利用する技術分野では、現象の新発見を契機に段階的な発展をとげるのが通常である。

連続的な発展が期待できるのは、例えば情報工学や電子回路技術のように、自然現象を利用するというよりは創意・工夫・考案に依存する分野である。創意・工夫・考案はかなりの程度、論理的、必然的に導くことができる。実際、光源分野でも点灯回路技術は着実に進展している。

新しい発光原理は人が創造できるものではなく、神が創りたもうた自然界の神秘を知る事により得られる。光源分野の“新発見”はまだ期待できるのだろうか。Einsteinは別にして“発見”は努力をすれば、そのうち得られるものではない。過去の歴史では20年程度の間隔をおいて新発見がなされたとしても経験則は成り立たない。発見には多大な努力と同時に運が必要である。“発見”は過去の研究者が探索する手段を持たなかった（あるいは

探索し損ねていた）深層に埋もれている。次の発見は強力な探索手段が手に入るまで待たねばならない。探索手段がようやく手に入っても、どの辺に埋もれているのか通常は検討がつかない。腕のよい猟師でも獲物がいない場所にはいくら数打っても当たらない。したがって発見はただひたすら辛抱強く探さねば得られず、何年たっても成果が上がるかどうか分からない。実際、多くの重要な発見は偶然になされている。発見に依存する研究は気短に成果を要求する社会・時代には向かない。

新現象発見に必要な計測技術および解析技術の進歩は依然として目覚ましい。いまや光子1個でも計測でき、電子1個の動きを制御できる時代である。新発見は一般論としてまだ十分可能である。しかし素粒子や天体世界での発見、電子1個の動きを制御できる技術の開発などは照明用光源には応用が難しい。

照明用光源分野に応用できるレベルの新発見は、困難になっているといわざるを得ない。文明は照明用光源の利用により始まり、光は人類が最初に取り上げた科学的探求課題の一つである。近代物理学は光を解明することから始まり、著名な多くの科学者が光に関する研究を行ってきた。この結果、照明用光源に応用できる重要な発見は1900年代半ばまでにあらかたなされている。さらに照明用光源が対象とするのは人間の眼である。人間の眼で認識・評価できない現象は役に立たない。人間の眼の特性は数千年経ってもさほど進化（変化）したわけではないし、照明光に対する人間の生理・心理も多分ほとんど変化していない。古代人が認識した色は現代人の認識する色と違いはあるまい。このため照明に適用できる光源特性は受け手が人間である限り今後も変化はない。この変化のない領域で数千年間も捜してきたのであるから、さすがに照明用光源に適用できる発見はもうほとんど残されていないと見てよいであろう。言い換えれば視感度曲線が変更にならない限り、利用できる新発見は今後も期待できない。

かつて3波長蛍光体が開発されたとき、「あかるさ感」という新しい視感度の“発見”が学会誌ににぎわせたことがあった。最近、「あかるさ感」については聞かなくなったように思える。

光源研究の立場から見れば照明用（可視域）光源はも

はや枯れた狭い分野であり、紫外・赤外域光源、レーザーの方がまだ開拓の余地がある。例えば蛍の光のような微弱光は（窓の雪と同様）照明用光源への応用は難しいが、計測や通信技術には応用できる。またプラズマ応用研究の立場から見れば光源としてより、イオン、励起原子などの粒子源としての方が開拓の余地が残っている。多くの光源研究者・技術者が照明用光源から視感度曲線の制約を受けない他分野の光源研究に移行したのは必然的であった。21世紀に光源研究者は照明学会には残っていないかもしれない。

発光原理の新発見は期待薄であるが、創意・工夫・考案による改良・改善は着実になされてきたし、今後も続く。近年長足の進歩を遂げた微細加工技術、半導体、薄膜形成技術、制御技術など道具立てはそろっている。問題はどのように改良・改善すればよいかである。このためには光源の使用環境動向を見てみる必要がある。ただしここで述べるのは新商品開発のための需要動向ではなく、需要動向を制約する社会環境動向である。

ここ10年、学会誌には人類が直面している問題として、環境保全、省資源・省エネルギー、高齢化社会（これは人類というより日本の問題）の3テーマがしばしば取り上げられてきた。これらは1980-1990年代を表すキーワードであったと思う。この3テーマは互いに独立ではない。また、いずれも人間の活発な生産・消費活動の結果、派生した問題である。そこで（日本の）経済・社会動向をまず見てみよう。筆者は社会科学を専攻しているわけではないし、自然科学の学会誌の記事として適切であるかどうか異議があるかもしれないが、本論を外れて筆者の意見を述べさせていただきたい。

遠い先のことは分からないが、この先20年、日本は破綻の時代であろう。国鉄、林野、そして住宅専門融資会社の軒並み総破綻に始まって、銀行、証券、保険の金融破綻が始まった。年金の破綻は目前である。公社・公団、特殊法人、自治体のかなりが債務超過状態と伝えられている。膨大な赤字国債は、その利払いのために赤字国債を発行する雪だるま状態にもかかわらず歯止めがかからない。国家財政破綻を回避するすべが見当たらない。これらの破綻原因は突然発生したのではない。10年ほど前から指摘され警告されてきたにもかかわらず、「そのうち何とかなるだろう」でいずれも問題先送りにしてきたのである。無為無策無責任の結果ますます傷を深くし、これ以上耐えられなくなり破綻が連鎖反応的に始まっている。

日本は、1970年代前半までの高度経済成長時期までは実需を伴った成長であった（日本だけでなく先進国すべてが大きな経済成長を示した）。それまでの日本は、社会

資本であれ、個人消費生活であれ、不足不十分だらけであり、何を作っても程度の差こそあれ無駄になるものはほとんどなかった。転換期は1973年のオイルショックである。オイルショックと続く不況のとき、「もはや高度成長の時代は終わった。これからは安定（低成長）成長に移行せざるを得ず、これにあわせた経済運営・企業経営が求められる。」と言われていたのを思い出す。ところが現実には輸出拡大による成長持続であった。この反動が円高不況である。円高不況救済の声に無節操・無定見に反応した金融政策により生じたのが、1980年代後半に始まったバブル景気であった。「欲しい（必要な）物はほとんどそろっている。買わなければならないものは思いつかない（生活調査回答）」ときに行われた金あまり政策は、投機経済をもたらし、そしてこの反動が現在の平成不況である。今年度の景気対策予算は大蔵大臣が認めるように、後のことは考えない、なりふりかまわない何でもあり（無いのは知恵だけの）バラマキ借金予算である。次に来るのは何であろうか。

バブル時代の世相は、まさに異常であった。投機経済を担った証券・金融がもてはやされ、万年保護下の農業が続き、日本を支えてきた製造業が軽視された風潮を“紙農商工”と言った。製造業も円高につれられて海外生産移転が進み、いわゆる空洞化が進行した。国土はゴルフ場に作り変えられ、“土地ころかし”、“地上げ”が横行、挙句の果て、並み居る一流企業が総会屋との関係を清算できず、社長達が次々と頭を下げる無様な光景が続出した。バブル景気は失政がもたらしたものである。にもかかわらずバブル景気を招き放置した当時の政策責任者、首相、閣僚、高級官僚、日銀総裁、経済界首脳など、誰一人いまだに責任をとったという話を聞かない。

好況・不況の振幅が増大してきている経過、相も変らぬ場当たりの、その場しのぎの政策を見てくると、破綻の時代は免れないように見える。破綻時代に突入するのであれば、しばらくは研究・開発どころではあるまい。実際、研究開発停滞は照明用光源・回路関係ではすでに始まっているのではないかとさえ思う。今年（1999年度）の照明学会全国大会、光源ならびに回路関係の会場では、2、3の大学の他には、2社グループからしか研究発表がなかった。また学会誌への投稿論文数も減少している。照明学会破綻の始まりでないことを祈るしかない。

本論に立ち返ろう。環境負荷を考えると、その製品の製造・廃棄時に放出される廃棄物だけでなく、使用中に消費する電力生産のために発生する廃棄物も含めて議

論すべきである。したがって省エネルギーは環境保全に直接関係する。また使用する材料を削減できれば、製品自体の廃棄量のみならず、その材料製造時の廃棄物ならびに使用エネルギーも削減できる。したがって省資源・省エネルギーを併せて議論する。

まず廃棄物の問題を考えよう。廃棄量がそれほど多くなかった時代は、環境問題は廃棄方法の問題であった。すなわち高濃度有害物質を局所的に廃棄することにより生じた局所的な公害問題であった。したがって対策は有害物質の無害化処理であり、よりあんちょこには拡散希釈による処理ですんでいた。ところが近年のように廃棄量が膨大になると拡散希釈では追いつかない。有害物質の無害化処理も100%除去は無理な相談であるから、廃棄量が膨大になれば追いつかない。さらに従来、無害と考えられていた物質でも環境破壊物質になってきた。例えばフロンであり炭酸ガスである。フロンは化学的に安定、無毒で不燃性、極めて安全性の高い夢の溶媒と考えられていた。ましてや炭酸ガスが問題視されるなど想像だにできなかった。

現在では廃棄総量を抑制すること（総量規制）が強く求められている。廃棄量抑制には、もはや製品1個当たりの排出量削減だけでは追いつかず、個数そのものの削減、すなわち生産・消費量の抑制が避けて通れなくなっている。先に、ここ20年程度の日本は破綻の時代であろうと述べた。もし筆者の予測どおりなら21世紀初頭は環境保全にとっては一息つける時代であろう。

廃棄物削減、省資源・省エネルギーの問題は世界規模で考えなければならない。現在の世界は、少数の先進国国民が多くの資源・エネルギーを消費し、多量の廃棄物をだして豊かな生活を楽しんでいる（特にアメリカは浪費に近い）。地球人口の大部分を占める開発途上国国民に貧しい生活を押し付ける根拠はない。彼らがアメリカ並でなくても、先進国の中では質素なほうである日本並に資源・エネルギーを消費すれば、たちまち地球は破産である。環境・資源・エネルギー問題は人間の生産・消費活動により生じたものである。当然、生産・消費活動をさかんに行っている国ほどその責任は重いのである。

以上で話を終えると貴方任せの議論で技術者としての責任・自覚がないと御叱りを受けるであろうから、技術面からみた問題にも触れたい。取り組みは、有害物質（光源の場合はとにかく水銀である）の使用量削減、省資源（例えば蛍光灯の細管化）、効率向上および高効率品への置換え（例えば効率の低い白熱電球に置換えできる電球型蛍光灯）による省エネルギーに分類される。個々の取り組みは学会誌の特集号を参照されたい。ここでは問題点・疑問点を思いつくままに羅列する。

(1) 電気自動車は廃棄ガスをほとんど出さない。しかし

発電・送配電・蓄電池充放電・電気機械エネルギー変換からなるトータル効率とガソリンエンジンの効率とに差がなければ、単に発電所に廃棄ガス発生源を移しただけである。電気自動車はトータル効率でガソリンエンジンの効率を上まわらなければ一人前とは言えない。走行条件にもよるがガソリンエンジンの効率を上まわるのは簡単なことではない。

(2) カーナビゲーションシステムにより目的地までの自動車走行時間を短縮できれば、廃棄ガス削減ができる。高度道路交通システムなど、情報システムを構築・整備することで効率の運用が可能になれば、環境保全、省エネルギーにも効果がある。

(3) 原子力発電は化石燃料を用いる発電と異なり、炭酸ガスや窒素酸化物、硫黄酸化物を発生しない。その代わり厄介な放射性廃棄物の問題を抱える。現状では原子力は爆弾か発電にしか利用できない。ならば全エネルギー資源有効利用の観点から、発電には原子力を用いるべきであると言うのは乱暴な議論であろうか。

(4) 風力発電は環境問題の点から注目されている（ヨーロッパの海岸には驚くほどの数の風力発電機が稼働している）。しかし風任せでは風力発電量が許される割合は微々たるものであろう。また風力発電のコストは現状では高すぎるし、将来もそれほど下がらないであろう。

(5) 白熱電球を電球型蛍光灯に置き換えれば効率は3倍以上であるから、点灯中の電力を1/3以下に削減でき、電力生産時に発生する廃棄物はその分削減できる。しかしランプ生産に必要な材料・エネルギー量は電球型蛍光灯の方が回路分を含めて数倍大きく、水銀廃棄の問題も抱える。白熱電球から出る熱が冷房負荷になる場合は、高効率ランプは有利であるが、夏でも時に暖房が必要な地域（北ヨーロッパはそうである）では、電球の排熱は必ずしも無駄ではない。となると無条件で電球型蛍光灯の方が環境負荷は小さいとは言えない。

(6) 蛍光灯を高周波で点灯すると、発光効率が10%近く向上するため省エネルギー効果がある。しかし高周波インバータは従来安定器に比べ電波雑音、入力電流高調波のような新しい問題を引き起こす。

(7) ビールなどの飲料容器はガラス製の方がリサイクルでき、環境によいとされる。しかしガラスは重く厚いため配送・陳列などでのエネルギー使用量が多くなり、また洗浄のために多量の水を必要とする。水も重要な資源である。

(8) エネルギー消費は快適さとのトレードオフである。消費電力は大でも大画面TVの誘惑には勝てない。待機電力はちりも積もれば何とかで、日本全体では大型火力発電所1基に相当する電力を消費するという。だ

からといってリモコンは止められない。今や冷房無しに日本の夏は我慢できない。エレベータがあると、たとえ1階でも階段を行かない。

- (9) 故障した家電製品を修理に出すと、新品を購入するより高くつく場合が多い。無論、廃棄せず修理した方が環境保全にはよいはずなのであるが、これはリサイクル問題でも同じである。日本のリサイクルの現状は省資源というより、ゴミ処分場の点から行われているに過ぎない。

消費者の環境意識が高まり、環境問題に対応しているかどうか商品購入時の選択基準の一つになりつつあると伝えられている。これが本当であれば幸いであるが、筆者の感じでは、環境保全・省資源・省エネルギー製品というだけで商品が評価されると期待するのはまだ当面無理であろう。蛍光灯細管化が商品になったのは、細管化により蛍光灯でも高輝度光源が実現でき、新しい照明手法が可能になったことが大きい。電球型蛍光灯は開発当初、電球に対して大幅な省電力になることをセールスポイントにすべく、いかに電球に近い形状・寸法でつくるかの努力がなされた。しかし所詮同じ形状・寸法になるはずはなく、電球のまがい物でしかなかった。電球型蛍光灯がそれまでの蛍光灯形状とは異なる新しい形状のランプとしてデザインされてから本格的に市場に受け入れられたと思う。省エネになるものが普及しない理由である。

環境保全・省エネルギー技術開発を促進させるためには評価方法の確立が重要・不可欠である。前提条件が多種多様であり、ひとつの評価指数で評価するのはどだい無理である。しかし正確でなくとも簡便に推定できる指数は必要である。環境保全・省エネルギー技術も現状ではコストで評価するしかあるまい。コスト的に既存商品と太刀打ちできるようにならないと現実問題として環境保全・省エネルギー商品は普及しない。法による強制を採用する場合であっても、コスト論議は避けて通れない。

環境保全・省エネルギー技術にコスト評価を適用するためには、製品製造時から廃棄処分までの全寿命期間中を対象に、廃棄処理のためのコストを含めた新しいコスト算出方法を考案せねばならない(従来のコスト計算には廃棄処理のためのコストが含まれていない。例えば炭酸ガスを排出することにコストがかかるとは考えていない)。そして求めた評価コストを例えば環境保護税を導入するなどして、実際の商品価格に反映させるシステムを作らないと環境保全・省エネルギー技術は普及しない。

次に高齢化社会について考えよう。日本は出生数の減少と長寿命化の同時進行により、急激な高齢化社会に突

入している。このまま放置すれば社会の活力が失われるとして、少子化対策を望む声がある(受験者数の減少に悩む私立大学にとっては望むところである)。日本の人口は現在1億2600万人である。この数が少ないと考える人は少子化対策を望んでいる人でもそんなにいないであろう。国土面積からみれば9000万人が上限ではないだろうか。一人当たりの消費生活水準を落とさずに環境保全・省資源・省エネルギーを達成するには人口減が必要である。“産めよ増せよ”の時代ではない。世界全体では相変わらず人口爆発の途上にある。強制的な一人っ子政策をとることなく少子化できたことは幸運ですらある。高齢化社会がこの先さらに進むのは避けて通れないし、避けるべきでもない。

高齢化社会をとりあげた今までの学会誌記事は、「高齢者にやさしい照明はいかにあるべきか」を命題に高齢者の視覚特性を明らかにし、照度のアップ、取り付けやすく保守の容易な器具の提供などを提案している。これらは「高齢化社会」に対する提言ではない。高齢化社会でなくても高齢者はいるのである。また若齢者と相反する特有の現象がない限り、“高齢者にやさしい照明”は誰に対してもやさしいのである。

高齢化社会問題とは単純に言えば、“面倒を見る”壮・若年人口に対し“面倒を見てもらう”老年人口の比率が著しく高くなり、面倒を見る者の負担が限界に近づくことであろう。したがって高齢化社会に対する対策とは、“面倒を見てもらう”側と“面倒を見る”側との境界年齢(退職年齢)をどうやって高めることができるかであり、面倒を見る負担(老人介護問題に象徴される)をどうやって軽減するかであろう。言い換えれば“面倒を見てもらう人”を対象とする技術開発も大事であろうが、それ以上に大事なものは“面倒を見る側”に移行する“高齢者”に対する効果的な支援体制・技術の開発である。

現在の退職年齢は職種にもよるが大部分は60歳から65歳までであろう。これを70歳まで引上げるためにはどうしたらよいか。能力的な限界年齢は幾つなのか。日本の企業・団体役員、議員には70歳を超えている方は珍しくない。だから問題なのだという意見もあろう。しかし年齢と共に適切な職種を選んでいけば70歳まで問題はなかろう。人間は年齢と共に、まず眼、次いで足と衰えるが、手先、口先は70歳でも達者である。問題は、なまじ経験豊富になるため何事も自己の経験に照らしてのみ判断したがること、新しいことを学ぶのに自信が持てないと、既得権益(過去の経歴)にしがみつこうになることである。70歳まで退職年齢を引き上げるためには、若年時から連続・継続した教育と働く職場の環境整備が重要である。現在の職場環境の多くは照明も含めて、のっぺらとした均一方式である。この方式がこれからの職場にふさわしいとは思えない。加齢による物体視認能力の

研究もさる事ながら、部屋空間の心理的圧迫感についての研究が進むことを期待する。

昔の照明は部屋に器具一灯の“一点”照明であった。蛍光灯の普及により、のっぺらな均一面照明に移行した。この方式は労働集約的生産活動には適当であったが、お世辞にも快適な照明とはいえず、これを打破する光源・器具もなかった。ここにきてコンパクトな高輝度光源が開発され、照明手法に変革を期待できる時代になってきた。これからは複数の光源から構成される“多点”照明（適当なコントラストがあり、適度にきらめく空間）の時代になると予想している。このためには複数光源を制御する手法と点滅に強いランプの開発が重要となろう。

老人介護に直接寄与できる照明技術は思い浮かばな

い。ただ介護する人の負担は（筆者も経験中であるが）金銭的にも体力的にも精神的にも大変である。このため少しでも介護者が安らげるような環境造りが必要で、昨今のような色温度がやたらと高い高照度照明が本当に適切なのか疑問に思う。

最後まで拙稿を辛抱強くお読みいただいた読者に御礼を申し上げる。21世紀に向けて明るい話を期待されていた方がおられたらお詫びを申し上げる。ここ数年、厳しい年であった。そしてまだ当分厳しい年が続くであろうというのが筆者の正直な感想である。厳しい時代をどう乗りきるかは各人の価値観をどう構築するかにかかっている。読者のご検討をお祈りする。

研究調査委員会報告書頒布のお知らせ

報告書名：高齢者の視覚特性を考慮した照明視環境の基礎検討（JIER-061）

目 次

第1章 委員会の目的、委員会の構成、活動内容

第2章 視覚特性の加齢効果に関する文献調査結果について

第3章 高齢者視覚研究の実例について

第4章 高齢者に関する内外の研究動向

第5章 住宅所要照度と視覚特性の年齢効果に関する実験

第6章 視覚特性の年齢効果を考慮した住宅における適正照度の検討

第7章 高齢者問題の現状と将来展望

編集：平成11年3月

印刷：平成11年4月

発行：平成11年5月

頒布価格 会 員3000円（税抜価格）

会員外3500円（税抜価格）

送料1冊220円

申込方法：必要事項（書籍名、住所、氏名、電話、FAX、会員は会員番号）をご記入の上、事務局へお申込下さい。

FAX：03-5294-0102