

## 工 業 気 象

久 保 次 郎\*

### 1. 緒 言

産業気象の一分野として、工業気象の面を開拓しようということは、ずいぶん古くからいわれている。日本の場合では、すでに1892年(明治25年)に伊東氏<sup>(1)</sup>によって、「外国における工業への気象利用の成果を検討し、日本における工業と気象との関係を論じよう」と述べられている。しかし総合的な工業気象の解説があらわれたのは、ずっと後になってからであり、1940年に坂上氏<sup>(2)</sup>によって、戦後には大後博士<sup>(3)</sup>により、近年では和達博士<sup>(4)</sup>により示され、そして筆者<sup>(5)</sup>が簡単に解説したものがあつた。外国でも工業に対する気象の利用についてはしばしば取り上げられているが、総合的な解説は1943年に Shipley がイギリス王立気象学会で「工業に対する気象の応用」と題して報告しているのが最初のものである。そして工業気象の解説が盛んにあらわれたのは今次大戦以後であつて、Neuberger<sup>(7)</sup>、Gosline<sup>(8)</sup>、Bates<sup>(9)</sup>、Brunt<sup>(10)</sup>、その他<sup>(11)</sup>の人々によって解説されている。以上のような解説を見れば、これまで工業気象の分野ではどのような問題が取り上げられてきたかが、よくわかるのであるが、工業施設や設備は年々進歩するし、また現在の工業ではいわゆる現代工業がその大部分を占めるから、工業気象における問題も時代とともに変わってくる。

工業気象の進歩は非常に遅々としている。これは日本の場合ばかりでなく、外国も同様であつて、アメリカの場合では戦後 Bates<sup>(9)</sup> がその進歩の遅さの原因を探究しているほどである。しかし1953年には当時のアメリカ気象学会の長 Byers<sup>(11)</sup> は「工業気象、それは新しい科学である。今後10年もたてば、多くの事業は工業気象サービスの恩恵をうけるだろう。そして気象学者は工業気象の重要さを痛感するようになるだろう」と述べて、工業気象の将来に大きな希望をみせている。

さて本文では、日本における工業気象の発展の一助となれば幸とおもひ、工業の現状を中心とした工業気象の問題や調査につき、まとめえた範囲内での大略を示してみることにした。

### 2. 工業気象で対象とする業種

工業気象をすすめるにあつて、まず工業が産業中の一部門として、どのような業種を含むかを明らかにしておく必要がある。

工業を構成する業種は、工業の解釈のしかたにより大きく二つの場合にわけられる。すなわち、工学的技術が直接用いられるような産業が工業であるという広義の解釈と、製造または製作工業のみを工業とする狭義の解釈があるからである。

現在の産業気象の立場から考えると、一応広義の解釈に従つた工業を対象とし、そしてこの場合の構成業種について問題を取り上げるのが妥当のようである。それではどのような工業の業種があるかという、たとえば松岡氏<sup>(12)</sup> の分類などを基本として、第1表のように示される。

第1表 工業の業種

製造工業	繊維工業	製糸、紡績、織物、編物、染色、パルプ、製紙
	化学工業	医薬品、工業薬品、化学肥料、染料塗料、写真感光材料、化繊、油脂、樹脂、火薬
	金属工業	鉄鋼、非鉄金属、金属製品
	機械工業	機械器具、車輛、航空機、造船
	食品工業	醸造、製糖、製粉、製菓、農水畜産加工
	窯業	セメント、ガラス、陶磁器、瓦土管
	印刷工業	印刷、製本
建設工業	その他の製造工業	木材、木製品、皮革、紙製品、竹藁製品、趣向品、その他
	土木業	ダム、道路、水路、橋梁、その他の基礎工事
供給工業	建築業	ビルディング、住宅、工場、事務所倉庫、その他の建築
	ガス業	ガス製造、供給
	電気業	水力、火力、風力、太陽熱、原子力による発電送配電
	鉱業	石炭、石油、金属類の採くつ

第1表で製造工業、建設工業は問題ないとおもうが、

\* 気象庁産業気象課

供給工業には一応説明が必要であろう。ガス・電気業は公益事業といわれて独立した一つの産業ともされることがあり、また鉱業は、工業と一しょにされて鉱工業とよばれるほど、工業とは密接な関係にあるが、明らかに産業中の別の一部門である。しかし、ガス・電気業にしても、鉱業にしても、その設備、技術においては、ほとんど製造工業と変わりなく、工学の一分科である。このような点を考りよし、動力、燃料、原料を供給するという点から、ガス・電気業および鉱業を便宜的に供給工業としてまとめたのである。

なお従来行われてきた工業気象の分類<sup>(3)(6)(13)</sup>によると、ガス・電気業は工業気象で取り扱う業種としており、故藤原博士<sup>(13)</sup>は応用気象の一部門としての工業気象の中に鉱業気象を入れている。

3. 工業気象の基本問題

工業気象では、たとえば工場位置の選定の場合のように、立地因子としての気候状態を検討するのが、一つの大きな目的であった。しかし現在は、工業の立地因子として気候が重要なものとして取り上げられることは少く、他の立地因子である原料、用水、電力、輸送、労働力などが、工業生産の場所を決定するといっても過言でない。

そして大資本によって工業が行われる場合は、不利な気候状態を改良するために、工場建築や設備を十分完全なものにするが、中小工業では気候改良対策が十分とれないか、または全然とれないので、種々の気象の悪影響が工場建築物をとおして生産面にあらわれてくる。これは主として製造工業の場合であるが、その他の建設工業や供給工業の場合のように、屋外の施設物を取り扱い、また屋外作業を行う工業では、直接気象の影響をうけることはいうまでもない。

すでに示した解説や、個々の文献、および工場調査などから、各種の工業に共通した気象上の問題を見渡してみると、だいたい次のような点が気候学的に解析されるか、または適当な気候資料を必要とする。すなわち、[a] 工場、施設物などの位置の選定、[b] 工場建築、附属設備、施設物などの設計、建設、管理、[c] 煙突からの煤煙、ガスの管理、[d] 製造工程の管理、[e] 原料、製品の保存管理、[f] 工業用水管理、[g] 工場や施設物の気象災害、[h] 以上を総合して、工業計画、生産管理の実施、である。そして、従来の平均値を取り扱う静的な気候学が利用されるのは、大きな工業計画、工場設計、長期の生産計画などの面についてであり、天候の変化を気候学的にまとめた、いわゆる動気候学が利用されるのは、毎日の生産計画や工程作業の管理の面についてである。

なお、工場や施設物の気象災害には、工場爆発、炭坑爆発のように特殊なものもあるが、台風、大雪、雷雨な

どによる一般気象災害の中に含まれる場合が多い。

4. 各種工業における気象上の問題と調査

(1) 工場設計の場合

ここでいう工場とは、狭い意味であって、工業生産設備を備えた建物およびその敷地のことであり、製造のこととか従業員のことは含まない。さて、現代工業は製造工業の大半を占め、その生産はほとんど工場内で行われるから、工場制工業とまでいわれ、従って工場に関することは工業を行う上での最も重要な事項である。従って、実際は建設工業の問題である工場設計を特に一つの項目としてここに取り上げてみる。

種々の立地因子が検討され工場位置の選定が行われ、敷地が決定すると、これにつづくのは工場の設計である。

工場建築物および附属設備の設計では、根本的に一般のビルディングなどと何ら変るところはなく、できるだけ多くの気候要素について敷地の気候状態を検討するのがよく、たとえば Landsberg と Jacobs<sup>(14)</sup> は第2表のように示している。

第2表 建築物設計に考慮すべき気候要素 (●で示す)

気 候 要 素	位 置 計 画 敷 地	内 部 設 計	屋 根 と 壁	開 口 部	基 礎 と 地	下 室	機 械 的 設 備
熱 (温 度的)	気 温 の 頻 度	●	●	●	●	●	●
	ある温度以上 (暑い) または以下 (寒い) の日の頻度 度日数 (deg. day)	●	●				●
輻 射	日 照 時 間	●					●
	晴天または曇天日数		●	●		●	●
	日 射 量 太 陽 高 度	●	●	●	●		
風	風 向	●	●	●	●		●
	風 速 風 強	●	●	●			●
大気中 の水分	降 降	●	●	●	●		●
	水 雪	●		●	●		
	降 水 過 剩 数	●	●	●	●	●	●
	降 水 日 数	●	●	●	●		
	霧			●			
	雷 雨		●	●	●	●	●
	湿 度		●	●	●	●	●

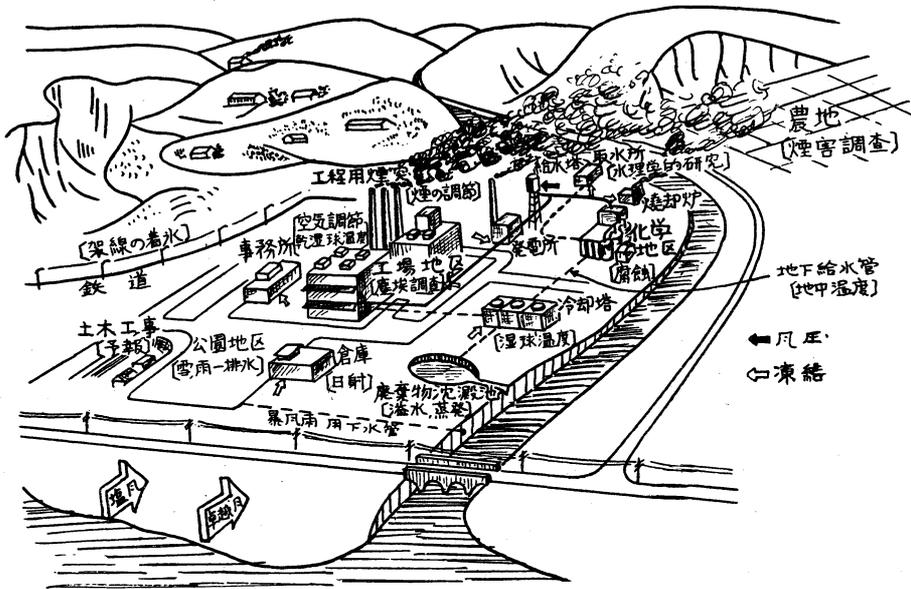
表に示されるすべての気候要素の場合について説明することは、ここでは無理であるから、最近しばしば取り

上げられるものの一つとしての気温の場合について簡単に述べてみよう。すでに筆者も紹介した<sup>(15)</sup>のであるが建築構造の決定に、そして暖冷房装置の設計上の負荷の推定に必要なのは degree day である。一般住宅の場合の deg. day 算出には、暖房の場合は18°C、冷房の場合は 24°C をベースとして、冬期および夏期について求めるのであるが、工業の場合はそれぞれの業種の工程を考慮したベースの値を用いなければならない。たとえば繊維物の製織では、最近では工場内の標準温度は相当高く、27°C 前後とするなどである。製造に適する工場内の温度や湿度については、今さらここで述べるまでもなく、種々の報告や便覧<sup>(16)</sup>に示されているから、これを参考にするとよい。

さて従来示された deg. day の分布は、日平均気温の累年平均値を用いて求められた。しかし建築構造や暖冷房負荷の決定に安全度をもたすためには、最近アメリカ合衆国について行われているように<sup>(17)</sup>、deg. day の標準偏差を求めることが望ましい。なお、deg. day の小気候的な検討も大切なことはいまでもなく、イギリスではこの試みが行われているが<sup>(18)</sup>、日本その他の国ではまだ余り行われていない。

\* 次に、暖冷房装置の設計で外気の温度を何度にとるかという問題がある。これに関しても筆者が紹介した<sup>(15)</sup>から詳しくはそれによっていただくとして、現在設計用気温の決定には、アメリカ合衆国の暖房換気技術家協会の推しよめる方法が世界の標準法として用いられている。すなわち暖房の場合では12~3月の過去の毎時の気温の累積頻度曲線(気温の低い方から累積する)から、全時間数の2.5%が含まれる点の気温の値をもって暖房設計用気温とするのである。アメリカ合衆国でもカナダでも、この設計用気温の分布図ができ上がっているが、このような分布図を作るためには非常な労力を必要とする。従って最近では、現在の気候表に示されている要素の五つ以上をパラメーターとして設計用気温を推定しよう<sup>(19)</sup>、毎時気温の累積頻度曲線を推定しよう<sup>(20)</sup>ということも考えられている。

以上は工場設計の場合に含まれる問題のほんの一例に過ぎなく、このほか数多くの問題があり、そして他の業種と重複する問題もある。Collins<sup>(21)</sup>が「化学工場設計に対する気象の応用」として示した図を第1図に転載したが、図に明らかのように近代的大工場の設計には気象的な検討を必要とする面が多い。



第1図 化学工場設計に対する気象の応用 (Collins 原図による)

それでは中小工場ではどうだろうか、よほど特殊な気候環境を必要とする工場以外では、すでに示したような問題はまず考慮していないと言ってよい。そして、このために作業工程に対する気象の影響が著しくなるのである。

しかし、将来の工業の発展を考えると、工場設計は

工業の基本であるから、設計に有用な新しい型の気候資料がどんどん整備されること、もし容易に望む型の資料が求められないときは、現在気候表などに示されている要素の値から希望のものを推定する方法が案出されること、この二つが第一要件であろう。

(2) 繊維工業の場合

紡績と織物工業，すなわち紡織工業の立地と気候との関係については，古くからイギリスの場合の例がひかれて，あまりにも有名である。

紡織工業において，なぜ気象が問題にされるかという点，改めて述べるまでもなく，精紡工程または織布工程では工場内の湿度が大きすぎてもまた小さすぎても，糸が切れる率が大きくなるからである。たとえば綿糸の精紡工程では55%前後の湿度が，織布工程では85%前後の湿度が最適である<sup>(22)</sup>。

さて，紡績についてみると，現在の日本では十大紡と称せられる大会社によって，近代的設備を備えた工場において生産が行われるから，製造工程に対する気象上の問題は，空気調節の難易とか，その経常費に対する気象上の問題に帰される。一方，織布の場合はどうかというと，十大紡が兼業する場合も少くないが，各地方地方で何々織と称する織物の生産が，主として中小工場で行われている。従って，絹織物の場合のように全然空気調節を行わない工場や，綿織物の場合の不十分な空気調節しか行えない工場では，つねに工場内の湿度の問題で苦しんでいる。

本年になって，浜松測候所の窪田・岩崎の両氏が中心となって遠州織物気象研究会が設立され，綿織物工業と気象に関する面で著目すべき活動が始まっているが<sup>(23)</sup>，この活動からもよく分るように，毎日毎日の工場管理上，工場内の気象と天候との関係を明らかにすること，さらに工場内の湿度，湿度，風の分布を天候に關係せずて明らかにすることなどが要望される。

パルプ・製紙工業は便宜的に繊維工業に含めたので，この工業について考えてみると，ともに直接製造にはほとんど気象上の問題はない。ただ繊維工業は一般に用水問題に敏感であるが，パルプ工業も例外でなく，用水の水量が降水，かんばつなどに影響されること，冬と夏の水温が異なることから，時には製造条件を変えなければならないことなどの問題がある<sup>(24)</sup>。このほかパルプ工業では，屋外の原木の貯蔵場所の環境が湿潤であると，でき上げるパルプの品質が悪く歩留りも悪いということがあ<sup>(25)</sup>。この例からみても，工業にも微気候的調査が大切であるといえる。

### (3) 化学工業の場合

化学工業は，その中に含まれる業種をみても，現代工業の花形といってよく，そして近代的工場建築と設備を備えて生産を行う大工場では，まず製造工程への直接的な気象の影響はないといってよい。たとえば化学肥料工業の立地を論じたもの<sup>(26)</sup>によっても，立地の三大因子は原料，用水，電力とされている。

製造工程への直接的でない，間接的な気象の影響については種々の問題があることは，すでに示した第1図からも明らかであるが，まず取り上げたいのは用水の問題である。いわゆる工業用水については，現在工業の立場

から相当ほり下げて調査研究されている<sup>(27)</sup>が，用水が工業を行う上で大きなウエイトを持つのは，化学工業の場合ばかりでなく，金属工業でも，食品工業でも，またすでに述べた繊維工業の場合でも同様であって，これらの工業を共通してその用途を考えると，汽罐用，冷却用，空気調節装置用，洗滌用，製品処理用，原料用であり，低温で豊富な水量が要求されるのである。

さて，河川や井戸による用水の確保が困難な場合は，一度使用した冷却水を再冷却する空気冷却塔や噴水池が用いられ，これら冷却装置が林立しているのは現在の化学工業地帯の一景ともなっている。そして冷却塔などによる水の冷却の場合は，大気の湿球温度以下には水の温度をさげることができないから，その設計や管理には，湿球温度を考慮しなくてはならない<sup>(8)(15)(28)</sup>。

次に化学工業では工場火災や爆発災害の多いことは他の工業にその類をみない。これは，化学工場で種々の引火性物質や爆発性物質を原料または製品として取り扱うからである。現在，夏期の高温によるセルロイドの自然発火については，或程度調査されている<sup>(29)</sup>が，一方，軽油，火薬などを取りあつかう太平洋側に位置する工場では，冬から春にかけて空気が乾燥するとき，摩擦により発生した強い静電気により引火，爆発したという事例も相当あり<sup>(30)</sup>，この場合の気象的調査は，炭鉱爆発の場合とだいたい類似したものになるとはおもわれるが，特殊な大きな問題として興味がある。

化学工場に限られた問題ではないが，工場内の温度，湿度などと外気の状態との関係は，案外解明されていないので，工場関係者もこの点で迷うことがある。たとえば，合成樹脂工場では，樹脂溶液を紙面に附着させ防水紙を作る工場があるが，この場合，だいたい室温10°C以下になると樹脂と紙との接着が悪くなるということがわかつている。そして，このような工場では初冬の夜間作業における不良品の発生を防ぐため，特に暖房装置を備えようとするが，気象台の資料のみからは，どの程度の暖房装置を，夕方何時頃からたき始めてよいか見当がつかないのである。この例からも引きだせるように，たとえば，幾つかの建築構造の異なるモデル工場につき，工場内温度と外気温との関係の型を調べておくことは必要であって，また案外役に立つ機会が多いものである。

\* \* \*

\* \*