

上海の地盤沈下

駒 井 正 一

社会主義においても、資本主義と同様の“地盤沈下”の現象はおこっている。とくに、顕著な現象をしめす上海における地盤沈下については、中国における留意すべき環境問題の一つとして、経済地理学的立場から論じたことがあった⁽¹⁾。それは、工業用地下水の過度のくみあげが原因とされ、「三廃」とともに、社会主義中国の工業都市の新しい問題となっているということであった。

ところで、そこでも述べたように、上海における地盤沈下は、1921年からはじまったとされ、その後、最大の沈下量を示した1965年までには、2.37mに達している。また、日本でも、東京、横浜、川崎、新潟、名古屋、大阪、尼崎、和歌山、岡山南、四国北岸などで、その顕著な例をみることができる。たとえば、大阪では、1928年に陸軍陸地測量部が、西部において地盤沈下現象を認めてからは、西淀川、東淀川、此花区などの臨海工業地帯において、そのいちじるしい“進展”をみせた。とくに、此花区島屋町では、すでに、その6年後の1941年には、沈下量は、1mに達し、以後、その沈下の加速度を増している。また、のちに、中之島などの都心部での沈下量もふえ、工業地帯のそれに追いつき、追いこしをみせたのも、周知の事実であり、この現象は、大阪東部に拡大していった。

この原因は、(1) 1943年から1949年までの戦時・戦後期にその沈下量が停滞し、また、(2) その経年変化も、ほぼ一年周期の夏期・沈下——冬期・停滞——夏期・沈下のくりかえしであることなどから、地下水のくみあげによるもの⁽²⁾とされた。これにより、地下での帯水層の減水——減圧による圧密現象がおこるというのである。この地域は、もともと、圧密が十分すすんでいない“ぶよぶよ”とした沖積層の上にあり、排水についても困難をもたらしている。自然の力によってその補給をおこなう水にくらべ、くみあげる量が、はるかに多いため、地盤が沈下するわけである。一方、200m以下の地盤は、比較的堅固なものとされてきたが、深層部での沈下も、はげしくおこなわれており、それには、深井戸のくみあげの規制、くみあげ量の太さの制限・市長の許可制などの消極的方法で対処してきた。あるいは、工業用水道の建設、地下水を使用しない冷房たとえば、クーリングタワー方式の冷房などがおこなわれてきた。また、地盤沈下が、海拔0mに近いデルタ地帯でおこっているということから、防潮堤の建設という高潮対策とも関連させて考えられてきた。日本においては、大阪以外の都市でも、おおむね同様の方向がとられてきたといえる。

さて、上海の地盤沈下についても、また、現在では、その原因は、上述のように、工業用、冷房用の“地下水の過度のくみあげ”とされている。ただ、その結論にいたるまでの試行錯誤の過程、工作方法が、二つの世界観の闘争、地域発展のための自然条件、自然環境の把握に対する中国型、中国的方法として展開されている点に、いろいろな問題が含まれているということである。すなわち、その原因の調査については、いわゆる「毛沢東哲学」の活

用という一連の方法ですすめていること、たとえば、「事物の発展の根本原因は、事物の外部にあるのではなく、事物の内部にあり、事物の内部の矛盾性にあるのである。どんな事物の内部にもみな、この種の矛盾性があり、これにより、事物の運動と発展がひきおこされる」とか、「調査なくして発言権なし」など⁽³⁾という指摘にもとづいて、おこなわれているということである。しかし、実際の場面においては、「哲学」の活用という側面よりも、調査の過程での、試行錯誤をへるなかで、一定の成果をあげてきているという点に、その“成功”の一つの要因があると思われる。地盤沈下にたいして、得られた対策の中国的方法とは、黄浦江と蘇州河の沿岸に、防潮堤をつくり、また排水溝を設け強制的に排水するという消極的方法（地盤沈下の原因を排除するのを積極的方法とすれば）とともに、「水を注入しつつ、水を使いながら、沈下をおさえる」という積極的なものであり、日本における井戸水使用の制限禁止、外部からの工業用水道施設という方式とはまったく逆の対処のしかたであった。それは、上海の工業活動をひきつづきおこないながら、夏の暑さのなかでも、工場の生産物の品質を保ち、労働者の労働条件を快適にするという要求のためであった。

上海の地盤も、日本の地盤沈下地域と同様“ぶよぶよ”としたものである。この地盤の形成史は、揚子江（長江）デルタの形成史でもあった。この点では、日本の地盤沈下の地域の形成と同様のものである。上海の地盤形成史は、エンゲルスの『自然の弁証法』の「（全自然は最小のものから最大のものまで、砂粒から太陽まで、原生生物から人間まで）永遠の生成と消滅、たえまない流れ、やすみない運動と変化のなかにある⁽⁴⁾」ということであり、中国では、この上海の海陸の変遷の弁証法的過程をとりあげ、“滄海桑田（大海が桑畑にかわる）”といい、“大海は陸地にかわり、陸地もまた大海となり、海陸の変遷は、永遠にやむことがない⁽⁵⁾”とし、上海の陸地の形成と変化も、その一例であるとみているのである。

上海は東高西低の地盤であり、平均海拔4m前後であり、秋に、大潮と台風とが重なるとき、その海水位は最高5mに達する。上海地区の第4紀には、数次の大規模な海浸と海退がくりかえされ、河口の位置もしばしばかわり、“古三角州”というものが形成された⁽⁶⁾。現在の三角州は、その上に形成され、さらに堆積作用がすすみ、この厚さは300mにも達している。このような“ぶよぶよ”の地盤の上に、解放前から、中国では“例外的”な、しかし、外国資本による工業の発達が見られ、過度の地下水のくみあげがおこなわれ、地盤沈下がおこったのである。

このように、“地盤沈下”という現象そのものは、自然の“変化”であるが、その原因となったのは、中国においても、工業、冷房のための地下水のくみあげという経済的、人為的な理由によるものであった。

以下に紹介するものは、上海の地盤沈下について、その調査の中国的方法、原因を得るまでの試行錯誤の過程、その対策を明らかにした「控制上海地面沉降（上海の地盤沈下をおさえる）」（『上海地理浅話』、尚思棟、蘇浚功、施文斌編、上海人民出版社、1974年7月刊所収）という論文である。かつて、『人民中国』、1972年8月号に、上海の地盤沈下の例が示された⁽⁷⁾が、以下の論文は、詳細なデータを示し、試行錯誤の諸側面を展開している点で、注目すべきものと思われる。

なお、『上海地理浅話』には、そのほか、「上海這塊陸地是怎样形成的」、「上海的氣候」、「黄浦江的变迁」、「从海滨漁村到大城市」、「飛躍發展的新上海」などの論文が収録されて

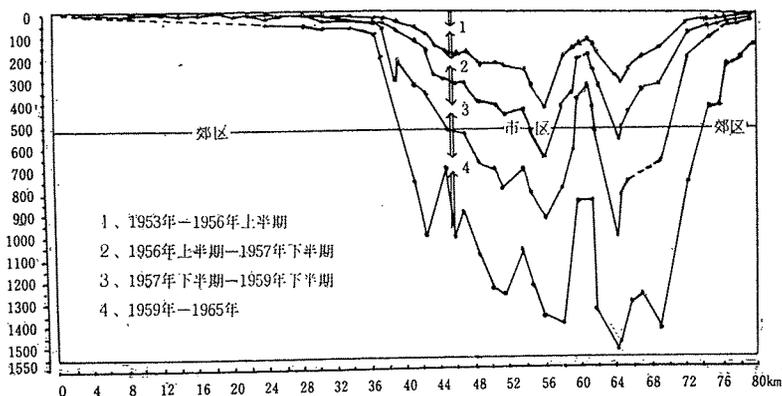
おり、現代の上海を、地理学的に、多面的に考察するために、貴重なものとなろう。

注

- (1) 拙稿：社会主義中国における環境問題，信州大学教養部紀要，人文科学篇 第8号所収，p. 50.
- (2) 大阪市総合計画局：『地盤沈下に関する資料』、『地盤沈下をふせごう』などを参照せよ。
- (3) 毛沢東の「矛盾論」や「湖南農民運動考察報告」などで示された姿勢にもとづいている。
- (4) マルクス・エンゲルス全集 第20巻，邦訳，p. 350.
- (5) 『上海地理浅話』p. 2.
- (6) 陳吉余：長江三角州江口段の地形發育，『地理学報』23-3，p. 241. および，陳吉余ら，長江三角州的地貌發育，同上，25-3，p. 201. を参照せよ。
- (7) 座談会：上海はどのようにして地盤の沈下をおさえたか，(1)，拙稿を参照せよ。

× × ×

地盤沈下は、世界中の多くの国家の工業都市において、ここ数10年ばかりのあいだに現われた、比較的重要な問題である。アメリカ合衆国東海岸および西海岸の工業都市もみな、地盤沈下の現象を呈している。たとえば著名な海港であるロングビーチ市では、1936～1963年の27年間に8.23mもさがり、1963年以降は、沈下の速度はさらに速くなり、1968年にやむまで、合計9.57mも沈下している。日本の10余の工業都市も、大きな地盤沈下の現象がある。地盤沈下は、生産と生活に重大な危害を与え、たとえば河川の洪水をおこし、海水が岸にあふれ、都市は水をかぶる。都市の建物は、地盤沈下によって破壊をうけ、橋はまがり、道路は切断され、飛行場の滑走路に亀裂が生じ、油井は崩壊し、埠頭が沈下し、ビルディングが傾いたりする。日本の東京も、さきに、地盤沈下のため、地下の排水管やガス管が破裂し、汚水とガスが充満し、1962年には、ガス管破裂による火災の事故が発生した。地盤沈下の現象は、人々の重視をまねき、いくつかの国では、地盤沈下に対する研究をさっそく開始した。しかし、資本主義国は、この問題を、長期にわたっても、なお、まだ、うまく解決するにいたっていない。



第1図 余山—上海市区—高橋の地面水準点の沈降断面図（1953～1965年）

わが国のいくつかの工業都市でも同様に、地盤沈下の現象が見られる。上海は、1921年に沈下が発見されてから、1965年になるまでに、市区と近郊区において、皿形の沈下くぼ地を形成した。沈下の最大は、2.37mに達する。上海の地勢は低平で、ふつう、海拔4m前後である。川の沿岸は沈下し、海水が逆流し、川の水が岸にあふれるのである。人民政府の統一計画のもとで、かつて、黄浦江や吳淞江の川岸に、150kmほどの防潮堤が築かれ、その後なにか高くされた。しかし、地盤は、その沈下をやめなかった。上海の労働者階級と水文地質工作者は、毛主席の革命路線の方向にしたがって、マルクス主義の哲学思想を運用し、上海の地盤沈下を研究し、おさえ、1966年からすなわちプロレタリア文化大革命以来、上海の大面積の沈下の歴史に終止符をうち、上海の地盤の高さを、1965年の高さに保ち、なお、徐々に回復させ、生産の発展と地盤沈下の矛盾を、初歩的に解決した。

上海の地盤沈下の“謎”を解く

上海の地盤はどうして沈下するのだろうか？ この問題を前にして二つの世界観と方法論があらわれた。すなわち、唯物論的反映論と観念論的先験論との激烈な闘争である。ある人は、“地盤沈下はさげがたい”といい、手をこまねいていた。また、あるものは、地盤沈下の“多因説”をまきちらし、いわゆる“十大要因”なるものをあげた。海面の上昇、地殻の沈下、高層建築物の圧力、車輛の震動の圧力、地下の採土、深井戸の砂のくみあげ、人工的な土の補填、河川の疏通と泥の堆積、天然ガスの採取、および地下水の大量くみあげなどである。はなはだしきにいたってはある人は、“外国では数10年研究しても、まだ、解決方法がないのだから、われわれもゆっくりと”などとのべていた。

“海面が上昇し、地盤が相対的に沈下する。”これは外国の地盤沈下の資料の山から調査可能とのことだ。同時に研究によると世界の海面は今から2万年ほど前は、現在にくらべ、たいへん低かった。気候の変化により、世界の氷河がとけ、1万年のあいだに、海面が数10mも上昇した。この1万年のあいだ、海面は、なお上昇している。だが、その速度は以前にくらべ小さく、かつこの1万年のあいだに海面もまた、等しい速さで上昇しているわけではなく、ある時期にははやく、ある時期にはゆっくりであり、ここ数10年、したがってここ数百年に、別になにも、はっきりした変化はないとはいえない。ある人はこう強調する。“黄浦公園検潮所の潮位の記録は1年1年高くなっており、毎年の上昇率は2mmに達し、海面が不斷に上昇していることを証明している”と。潮水位は、検潮水準尺の記録によるものである。測量労働者と技術員は、黄浦公園と張華浜の二つの検潮所的水準尺と余山の基準点に対して観測をおこない、この二つの検潮所が地盤沈下地域に位置し、検潮水準尺も、地盤沈下にもなって沈下していることを発見した。現象からは、海面が上昇しているようにみえるのである。しかし、地盤沈下の数値をさしひけば、潮水位は基本的に安定しているのである。これは、黄浦検潮所の年平均の潮水位の変化の曲線図からもみいだせる。よって、“海面が上昇し、地盤が相対的に沈下する”というのは、仮象であって、事物の本質ではないとわかる。

“高層建築物の圧力が地盤沈下をつくりだす。”ビルディングの、建設後数年の間、地盤には、たしかな沈降現象があり、その影響の範囲は、周囲10~20mに限られ、時間がたつにつれて、沈降量はたいへん小さくなり、安定にむかう。これはみな、調査できる資料があ

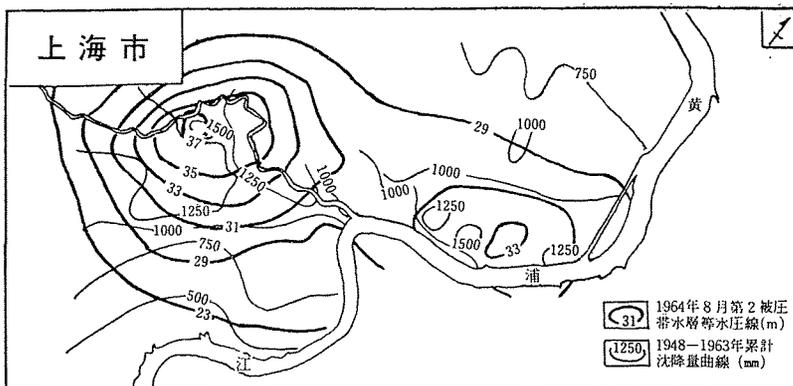
る。しかし事実上、ビルディングの集中する黄浦区の地盤沈下量は、楊浦区にくらべ小さく、楊浦区のビルディングは、黄浦区にくらべ少ないが、地盤沈下は逆に、黄浦区にくらべ大きい。これらの事実、高層建築物の地盤に対する圧力は、ただ、局部的におき、暫時の作用であり、大面積の地盤沈下をひきおこすのは不可能であることを説明している。

“車輛の震動の圧力が地盤沈下をひきおこす。” 測量労働者は、地盤沈降区の主要な道路と鉄道に、およびその両側に観測点を埋設し、長期にわたる観測をおこない、両者の沈降量の差はわずかに1~2mmすぎず、基本的には等しいということを見出した。また、交通量が最大の駅付近は、車輛の流れは、毎時300台以上であり、楊浦区の流れは、毎時100台前後であるが、駅付近の地盤沈下量は楊浦区にくらべ小さく、楊浦区の2分の1にすぎない。これで、車輛震動の圧力が地盤沈下をひきおこすということもまた仮象であるとわかった。

“天然ガスの採掘が地盤沈下の原因である。” 国内外の資料にもとづけば、大量の天然ガスの採掘は、確実に地盤沈下をひきおこす。しかし、上海の地盤沈下は、1921年にたちあらわれてから、1958年にいたるまで、市区において、沈降くぼ地が形成された。この時期には、天然ガスの採掘はおこなわれていない。1961年以降、市区はまだ、天然ガスの採掘を停止し主に、郊区において採掘が集中しているが、地盤は、ひきつづき沈下している。これは、上海の地盤沈下の主な原因が、天然ガスの採掘がつくりだすものではないということをもものがたっている。

上述のようないろいろな説明のやり方は、あるものは、仮象を本質とし、あるものは、次要の要因を主要な要因とみなし、なお、あのかの地域での原因を、このときのこの地域での説明にもってきているのであり、上海にどうして地盤沈下が発生するのかということ、みな正確には、説明できないのである。地盤沈下の主要な原因をさがしだせないということは、地盤沈下をおさえる有効な方法をさがしだせないということである。

上海の水文地質工作者と労働者大衆は、結合して、上海の水文地質に対して、正しい観察と調査研究をすすめ、上海の地盤沈下のもっともいちじるしいのは、普陀区と楊浦区であることを発見した。しかし、この二つの工業区のなかで、また、紡績工場が比較的集中している地区の沈降量が最大であった。紡績工場は、深井戸をたくさんほり、地下水も大量に用い



第2図 地下水位下降漏斗と地盤沈下中心との関係

る。これは、人々が、全市の深井戸に対して長期の調査をすすめるよう指摘したもので、調査からは、次のことが発見された。

1. 深井戸のパイプの上昇が比較的多い地区は、まさに地盤沈下が激しい地区であり、二者の発展の傾向は一致している。深井戸のパイプの上昇もまた、市区内の楊浦と普陀の二つの工業区に集中している。たとえば、楊浦区の245口の深井戸中、74の井戸のパイプが上昇しており、普陀区の203口の深井戸中、56の井戸のパイプが上昇し、この二つの工業区も、ちょうど、上海の地盤沈下の中心であった。

2. 深井戸数、地下水採取量と地盤沈下量の数値とは正比例の関係をなしている。上海は、1860年、第一口の深井戸をほって以来、すでに100余年の地下水採掘の歴史をもっている。歴史的資料は、深井戸が多くなればなるほど、地下水の利用もまた多くなり、地盤沈下もまた、はやくなることを説明している。

3. 地下水位の下降の漏斗型と、地盤沈下のくぼ地の形状とは基本的に一致する。上海市区では長期的に地下水を集中採取してきたが、採取量は長年の平均補給量よりだんだん大きくなり、地下水層では、水量の支出は、収入より大きくなり、地下水位は年ごとに下降している。市区の地下水位について、測量をおこない、地下水位の数値の同じ地点をつらねていくと結局閉鎖的な圏を形成する。各地の水位の下降の数値が一致していないため、閉鎖的な圏もまた一致しない。水位最低の圏は中央で、周囲にむかって水位がだんだんと高くなり、図でしめしたようになる。これは、ちょうど、形の不規則な漏斗ににており、そこから、地下水位下降の漏斗となづけられたのである。水文地質図では、ふつう、等水圧線を用いて地下水位下降の漏斗を表示すると、等水圧の数値が大のところは、地下水位が低く、等水圧の数値が小のところは、地下水位が高い。上海市区の地下水位下降の漏斗内では、楊浦と普陀の二つの水位下降の漏斗中心がうまくあらわれており、地盤沈下のくぼ地の形状と一致している。

以上の大がかりな工作を行って、ついに、地下水の大量採取が、上海の地盤沈下の主な原因であることをつきとめたのである。

しかし、どうして、大量の地下水の採取が地盤沈下をひきおこすのであろうか？

毛主席はこう教えている「事物の発展の根本原因は、事物の外部にあるのではなく、事物の内部にあり、事物の内部の矛盾性にあるのである。どんな事物の内部にも、みな、この種の矛盾性があり、これにより、事物の運動と発展がひきおこされる」（『矛盾論』、毛沢東選集第3巻、p.12）と。上海の各深井戸はみな、地下水層から採取したものである。第4紀の地質史の時期には、上海のこの地には、300mちかくの厚さの、海水および陸水がもたらしたやわらかな物質が堆積した。このような堆積物の被覆は、第4紀以前に風化した岩石面の上に形成されたものであり、被覆層という。300mの厚さの被覆層はまたおおむね二つの層にわかれている。150m以下の層は、河流あるいは湖によってもたらされた砂と粘土物の交互組成であり、150m以上は、主に、海岸河口の海水と河水によってもたらされた粘土、砂などの物質の混合組成である。150m以下は陸成層が主で、150m以上は、海岸河口成層が主である。300mの厚さの被覆層は、海陸成交互層の第4紀の地層である。

被覆層の水文地質の特徴と地盤沈下の関係にもとづけば、おおむね、一つの潜水帯水層と五つの被圧帯水層にわけられる。五つの帯水層の層序は、きわめて、平板で、厚さも比較的

大きく、地下水の流速も緩慢である。地下水は、揚子江の旧河道から、北、南より補給される。そのうち、第2,3帯水層は、灰色の細かな砂、あらい砂および小さなレキからできているため、出水量は大きく、一般に毎時80~100t前後出水、水質良好、水温19~20°Cあるいは21~22°Cであり、上海地区の採取地下水は、多くはこの二つの帯水層に集中している。第4,5帯水層は、中細砂、砂レキからできており、厚さの変化が大きく、出水量毎時40~100t、水温やや高く、ふつう24~26°Cである。この二つの地下水は、水量が大で水質良好であるが、水温が高いので、工業用に採取されることは少い。

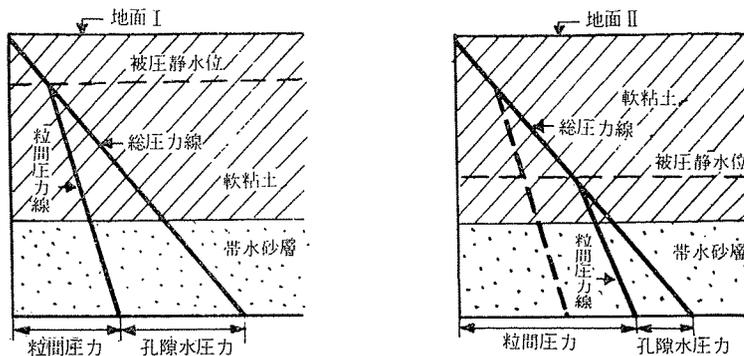
被覆層には、以上の帯水層をのぞき、若干の不透水層あるいは、半不透水層がある。150m以下には、いくつかの硬粘土層があり、抗圧強度が大であり、容易に圧縮されない。しかし、150m以上の第2帯水層の上には、一つの抗圧強度の大きなもの、すなわち、かんたんには圧縮されない硬粘土層をのぞき、なお三つの圧縮されやすい淤泥質の粘性土層、すなわち、軟粘土層がある。

上海の工業用水量は大きく、かつ、第2,3帯水層の地下水から、たくさん採取される。一年ごとに、帯水層の水位がたえず下降する。もとの地下水位がまだ、人為的变化をうけなかったときの、帯水層以上の土層の総圧力(Pで表示)と土層中の顆粒の間がうける圧力(Ps)、土層の顆粒のすきまの水圧力(Pw)の和にはバランスがある。すなわち、 $P = Ps + Pw$

帯水層の水位が下降するとき、帯水砂層自体が、脱水されることにより、すみやかに圧密をひきおこす。しかし、圧密量はそれほど大きくない。問題は逆に、上にのべた土層中の圧力のバランスの状態が破れるということにある。具体的にいえば、帯水層より上の、圧縮されやすい軟粘土層のなかのすきまの水が大量に流出することであり、まるで水をふくんだス

表土層	硬土層
潜水層	砂
第1圧縮層	軟土層
第2圧縮層	軟土層
抗沈下層	硬土層
第1帯水層	砂
第3圧縮層	軟土層
第2帯水層	砂, レキ
不透水層	硬土層
第3帯水層	砂, レキ
不透水層	硬土層
第4帯水層	砂, レキ
不透水層	硬土層
第5帯水層	砂, レキ
基	岩

第3図 被覆層の層序 (上が新しい層)



第4図 帯水層の水位下降時の土層における圧力の変化 (左:採水前, 右:採水後)

ポンジが圧力をうけ、水がしぼりだされるようなものである。土のすきまの水圧力 P_w は減小するが、被覆層の総圧力 P は不変であることから、土層中の力のバランス状態を保つために、土層の顆粒の間の圧力 P_s は必然的に増大する。その増大の結果、軟粘土層は、さらに固まり、大量の圧縮がすすむのである。これが、地下水を採取し、土層の圧縮をひきおこし、地盤沈下をまねく、内在的原因である。

大量の地下水をくみあげ、帯水砂層の圧密をひきおこし、帯水層以上の軟粘土層の大量の圧縮が積みかさねられる結果、地上では、地盤沈下となるのである。測量をおこなうことで上海の地盤沈下は、主に、被覆層中の第2、第3帯水層以上の土層の圧縮の結果であるということが明らかになった。第2含水層の上の三つの軟粘土層の圧縮量は、地盤の総沈降量の90%以上をしめる。

上海が使う地下水は、地下75~150mの間の第2,3帯水層に採取が集中し、東、西のいくつかの工業区に集中、また、夏季に集中している。地下水採取の層次、地域、時間の三つの集中により、上海の地盤沈下の特殊な法則は、次のようなものとなる。地下水がたくさん使用される工業区は、地下水の使用が少ないその他の地域にくらべ、沈下が大きく、夏季は冬季にくらべ、沈下が大きく、第2,3帯水層の上、すなわち、地下75m以上の土層の圧縮量が大きい。

上海の地盤沈下をおさえる方法とその効果

ある人はこういつている。地盤沈下は、主に、大量の地下水のくみあげがもたらしたものであるなら、地盤沈下をおさえるためには、地下水の採取を停止せねばならないのか？ いや、だめだ。このように、単純に地下水の使用をやめるような方法を採用するわけにはいかない。地下水は石油、石炭などの地下鉱物と同様、貴重な地下資源である。地下水は、こまかな土層のすきま、あるいは岩層のさけめ、断裂帯およびトンネルにたくわえられ、主に、大気の降水により、直接、間接に補給される。たとえば、上海の地下水は、主に、揚子江からその旧河道を通じて補給されている。このことから、合理的に採取するには、地下水は、「取之不尽、用之不竭（とりつくさず、使用しつくさず）」ということである。地下水は“冬暖夏涼”である。“冬暖夏涼”は、地下水の温度が変化し、ひきおこしたことをさすのではない。実際には、地下水の温度の変化の幅はたいへん小さく、一年の変化の幅は、 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ をこえない。たとえば、上海の第2帯水層の水温は $19\sim 20^{\circ}\text{C}$ であり、冬季には、外の気温が低いことから、 19°C の地下水を用いても、“熱烘烘（たいへんあつい）”ように感じ、夏季には、外の気温が高いことから、 19°C の地下水を用いても、“涼蔭蔭（たいへんすずしい）”ように感じるのである。地下水の温度の変化の幅が小さいことから、工業用水には、有利な条件を提供するのである。

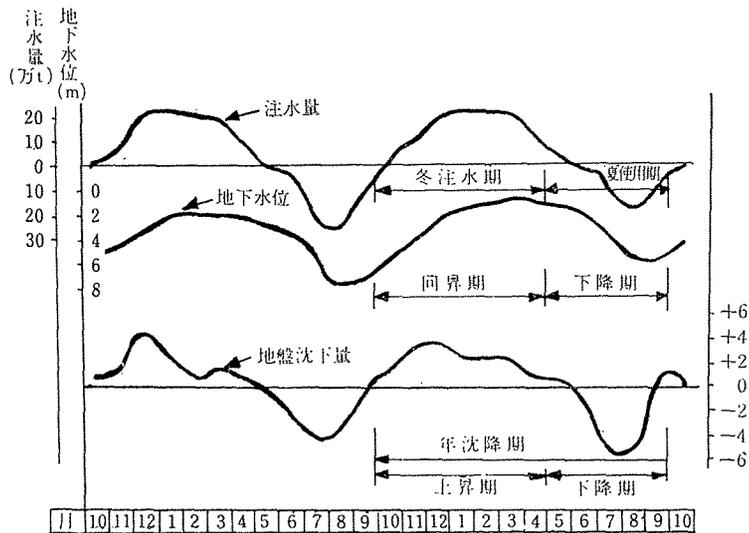
ある生産過程においては、製品の質を保証し、労働者の労働条件を改善するために、職場の空気の湿度を調節し、温度を下げる低温度の水が必要であり、あるいは、いくつかの製品の生産過程において、冷却、定温保持、洗滌が必要である。たとえば、紡績工場では、原料、半製品、完成品などの質の指標を保証するために、さらに、労働者の体の健康を保証するために、紡績の職場の一定の温度と一定の相対湿度（注：空気中の実際の水蒸気の密度と、同

温度のもとでの飽和水蒸気の密度との百分比のこと)を保持するよう要求される。外界の気温、湿度の影響をさけるために、ふつう、紡績の職場は、半封鎖式である。一たび夏になれば、機械の大量発熱、太陽輻射および人体の発熱により、職場の温度は増し、 40°C 以上に達する。そのとき、大量の低温水の噴霧が必要であり、職場の温・湿度を調節する冷風を送る必要があるのである。たとえば、一つに3万の紡錘がある綿花とくみ糸混紡の職場では、夏には、毎時100万kcalの熱量が生みだされ、温度をさげ、湿度を調節するために、毎時、冷風 28m^3 、 12°C の低温水150tを送ってはじめて、職場の生産要求を満足させられる。そのほかたとえば、化学工場、醸造工場、製薬工場、食品工場もみな大量の低温水を必要とする。映画館、劇場およびビルディングなども、盛夏には、大量の低温水で、室内の温度をさげる必要がある。

もえるような夏の日には、地表の水温は相当高くなるが、大量の低温水は、なにかからそうなるのか？ 一つは、人造の冷源であり、一つは天然の地下水を利用することである。前者は、鋼材、電力、石炭および人力を消費しなければならないが、地下水を利用すれば、逆にすぐれた点が多い。すなわち、水温は低く、水質は良好で、水量豊富、コストも低く、効果良好、管理が簡単である。よって、社会主義建設のためには、地下水を採取せずにはいられない。

地下水は、採取が必要であり、地盤もまたその沈下にまかせることはできないが、どうするのか？

広範な深井戸労働者と科学技術者は、毛沢東哲学の思想で指導し、水の使用と地盤沈下の矛盾を、さらに分析した。上海の地下水の流動速度は、きわめて緩慢であり、水採取の状況下では、中細砂の層の水は、一昼夜に、やっと3~5m流動、中砂層のなかでは、一昼夜に10m前後流動する。たとえば、同地区、同一時間に、同一の帯水層の地下水を採取すると、かならず、地下水の補給と採取のバランスをやぶる。帯水層のもとの(動かない)貯蔵量を用いてしまい、はなはだしきにいたっては、水層が枯渇してしまい、結果的に地下水位が下降し、水圧が减小し、砂層と粘性土層の圧密と圧縮をひきおこす。地下水位の下降と水圧の减小は、矛盾の転化の条件である。よって、地盤沈下をおさえるには地下水の自然補給の不足と、地下水位の下降、水圧减小の条件をあらため、地下水位の上昇をうながし、対立面の転化をつくれればよいのである。一定の条件のもとで、矛盾したものは、互いに転化できる。たとえば、上海では、冬季、地下水の使用は少く、地下水位は上昇し、地盤の沈下は少なく、このなかに、回昇の要素がふくまれている。しかし、水位上昇の力は、まだ、地盤沈下を地盤上昇の方向に転化できないので、ただ、地盤沈下を少くさせるだけである。それで、われわれは、人工的に地下水を補給することを採用し、自然的補給の不足分をまし、水文地質条件をあらため、地下水位をすみやかに回昇させ、水圧を増加させ、土層の工程の地質条件をあらため、帯水砂層の弾性回復をつくりださねばならない。このとき、帯水層は、大量の水の補給をえ、水圧は増大し、上の三つの圧縮をうけやすい軟土層に、大量の水をみだし、すきまの水位を回昇させ、すきまの水圧力が増大する。粘土には、膨張が生じ、砂層の弾性の回復と粘土層の膨張がつみかさねられる結果、地盤には、地盤不沈がコントロールされ、あるいは、地盤の回昇として反映する。このようにして、上海の地下水位と地盤沈下の変化の関係は、前の年の10月からその年の4月までは、水位の上昇期すなわち地面の回昇期となり、



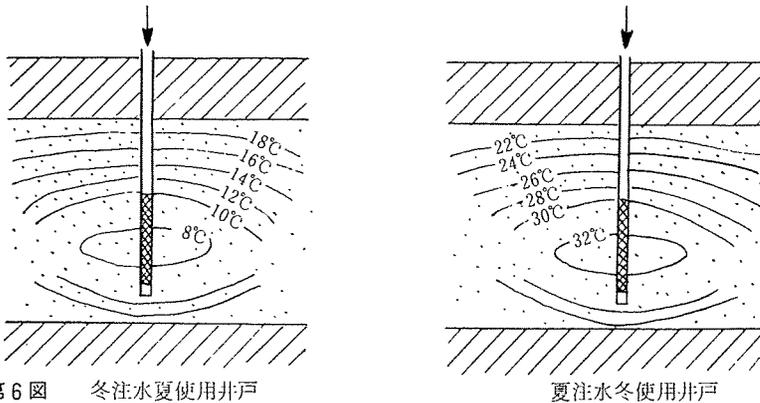
第5図 地盤沈下の注水による周期的変化

毎年5月から9月までは、水位の下降期すなわち地盤の下降期となる。この一昇一降の法則から、年度の地盤沈下量の概念をえた。すなわち、前の年の10月から当年の9月の地表の水準点の高さの差であり、たとえば、上昇量が沈下量に等しければ、全年の地盤は安定しているということである。上昇量が、沈下量より大きければ、全年の地盤は上昇しているし、上昇量が、沈下量より小さければ、全年の地盤は沈下しているということである。もし、沈下量が、地盤上昇量の累計より小さければ、地盤はすなわち、おさえられているということである。

水を使用し、地盤を沈下させない目的をはたすために、現在、上海が採用している地盤沈下をおさえる措置は次のようである。地下水を人工補給し、採取層次を調整し、地下水使用をコントロールする方法である。

上海の帯水層のなかでは、地下水の流動速度はきわめてゆるやかであり、地下の保温性は良好であり、水温の変化はきわめてゆるやかな特徴をそなえている。このことは、人工注水に、良好な条件を提供している。上海の気温の特徴は、夏暑く、冬寒い。工場は、6、7、8、9の4カ月に、集中して地下水を採取し、冬季には、その使用は少い。夏・冬の気温の変化がいちじるしいこの条件を利用して、大部分の深井戸は“冬注水夏使用”を採用、一部の深井戸は“夏注水冬使用”の注水方法を採用した。冬注水夏使用井戸は、冬季、低温の自然の水を帯水層に注入して、地下の帯水層を一つの巨大な地下冷蔵庫となし、同時に、地下水位は急速に高まり、土層は、あきらかに、上昇する。夏、この種の水を使用すると降温効果もまた良い。夏注水冬使用井戸は、夏季、比較的高温の自然水あるいは工業回収水さらに処理後のものを帯水層に注入し、地盤沈下をやわらげ、同時に地下に一つの温水層をつくる。冬季、この種の水温のやや高い地下水を採取し、ボイラー用水とし、石炭・電力を節約できる。

地下への注水の過程で、地盤沈下をおさえる主導権をもちとるためには、かならず、“注



第6図 冬注水夏使用井戸

夏注水冬使用井戸

水は一斉に、停止は分割して”の注水制度を実行しなければならない。毎年、冬の注水期がくる前に、みんなが、注水の日時を決め、数百の深井戸から一斉に注水すれば、地盤のはっきりとした回昇効果をつくりだすことができる。冬の注水期がおわるとき、地域、地下層次および工場のことなる用水の要求に応じて、順序をきめ、いくつか前と後とにわけて、注水を停止するのである。注水と用水はみな、統一的に配分した計画に応じて執行される。優位にある社会主義制度は、われわれが、この一貫した地盤沈下をおさえる方法を効果的に実行することを保障する。

数年来、上海の深井戸管理の労働者は、多くの先進的な方法、すなわち、水温最低の水を帯水層に注入して、上海の地下水温をだんだん低めるという方法を創造した。ある深井戸は夏の出水温度は、8°Cとなり、1tの地下水の用途は、過去の2~3tの水に相当する。全市には、毎年、100余の工場における数百の深井戸に、指導を行い、組織的に注水仕事をすすめている。各工場は団結協同し、相互に配分し、多くの水、冷水を注入し、用水を少くし、一水を多用し、一水を重用している。たとえば、人工注水の第1年目(1966年)は、まえの1年(1965年)にくらべ、地下水水位は10余m高くなり、地盤の平均上昇量は、6mmとなった。

思想上、政治上の路線が正確か否かが、一切を決定するものである。地盤沈下が、初歩的にしろ、おさえられたのは、毛主席の革命路線の偉大な勝利である。地盤沈下をおさえる全過程は、すなわち、毛主席の革命路線の、劉少奇、林彪の修正主義路線への批判と戦いの勝利の過程であり、唯物論の科学研究の路線と観念論との闘争の過程である。そして、これは広大な大衆の共同奮戦に依拠し、全市の工場企業の共産主義的協作の精神を發揮した結果である。文化大革命のふかまりにつれ、ブルジョワ的観念論の科学研究の路線を批判し、大衆の社会主義の積極性は、いま一步發揮され、地下水への注水、地盤沈下をおさえる試験工作も、いま一步發展し、大衆のなかには、少くない“井戸の専門家”、“井戸の医者”および地盤沈下に関心をよせる熱心な人がうまれたのである。広大な大衆の苦勞と、努力なしには、また、少数の専門従事者に依拠するだけでは、短期間にこのような成果をかちとることは、絶対に不可能であった。

事物の矛盾は、きわまらないものである。ふるい矛盾が解決しても、新しい矛盾がうまれる。多くのあたらしい、複雑な水文地質の問題、そして、地盤沈下をおさえる技術的問題もまた、継続的に研究し、つぎつぎと解決していかなければならない。

Summary

Land Subsidence in Shanghai

Masakazu KOMAI

The development of industry has brought them to the land subsidence in Shanghai. And they have been working desperately to eliminate them. Despite all the difficulties, they will be able to work it out. Relying on 'fight self, repudiate revisionism', '*On Practice*', '*On Contradictions*' and so on, they struggle over 'two roads' and amalgamate theory and practice.

They don't refer to the imitation foreign devil and emphasize 'self-reliance'. They have become 'experts of well'. By studying at well rather than only in books, numbers of workers are learning techniques of pump injection and geology etc.

As a result of their efforts, its effects are beginning to appear in Shanghai.