

資材配給センターの設置について

本告光男・榎本久徳・田中庸平

1. まえがき

これは、「将来、全社の配電用資材を配給するために配給センターを設置したい」という案について、はたしてそれが有利なのか、あるいは他にもっと有利な案があるかも知れないということで検討した結果をまとめたものである。

配電用資材というのは、配電の工事に使われる資材で、電柱、電線、変圧器、開閉器、腕木、がいし、金物類、積算電力量計などの材料およびナイフ、ペンチ等の工事用具類など種々雑多なものを含んでいる。従来これらの資材は、原則としてメーカーから各支店の倉庫(これを元倉庫とよぶ)へ納入され、それを適当な間隔(10日位)で営業所へ配給していた。営業所の倉庫へ入った資材は、工事の主体となる東海電気工事㈱(以下東海とよぶ)が必要なだけ取りにきて工事に使っていた。

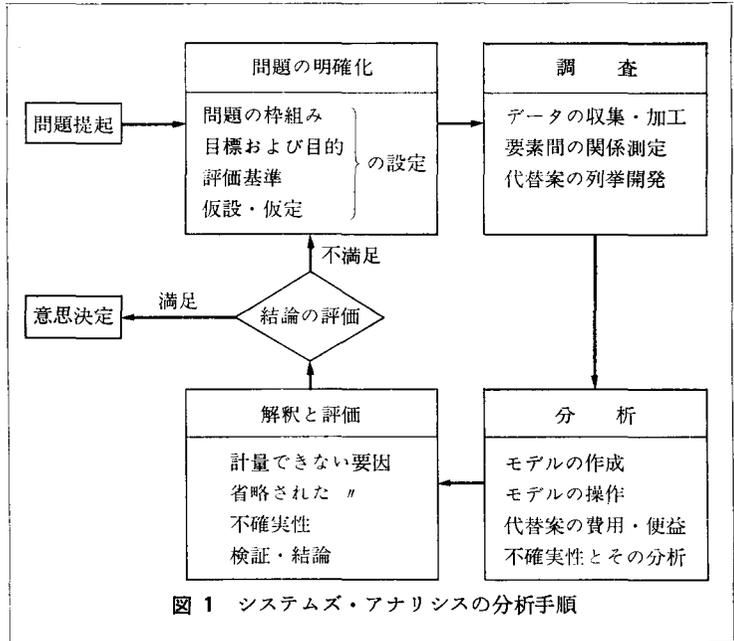


図1 システムズ・アナリシスの分析手順

近年になって工事量の増大に伴う元倉庫の狭隘化、要員確保の困難性等を考えた時、将来もこのままの体制で

ひと口 コメント

この事例研究の対象は、中部電力の配電用資材の流通機構に関する実名入り・実規模のものであり、また集中方式か分散方式かという現在一般的にも関心がもたれている問題を取り上げている。この問題に対して著者達が行なったオーソドックスかつ工夫に富んだOR的アプローチに刺激されて、研究意欲をかき立てられる方もおられるだろう。

事例研究を読む効用は、1つは、それが自分が現在かかえている問題を解決するヒントになるということと、もう1つは、とくに手法を研究している方にとっては、「料理の材料」となることではないかと思う。後

者の意味でもこの事例研究は興味あるものであろう。

ところで、線形計画法で評価基準を現価換算された経費にとり最適計画を算出して、目的関数の値をグラフに表すと、いわゆる「なべぞこ」の形になり、ベスト、セカンドベスト、サードベスト等の解の実際的な意味での優劣をつけがたい、という状態がおこることがよくある。この事例研究でも、現在の延長案、配給センター案およびそれらのミックス案という3代替案に対してそのようになっているが、そこで著者達は、費用算出のベースとなる需要などの条件変化に対する3代替案の「順位安定性」という点に着目して結論を導き出しているのが興味深い。

(平本 巖 日本科学技術研修所)

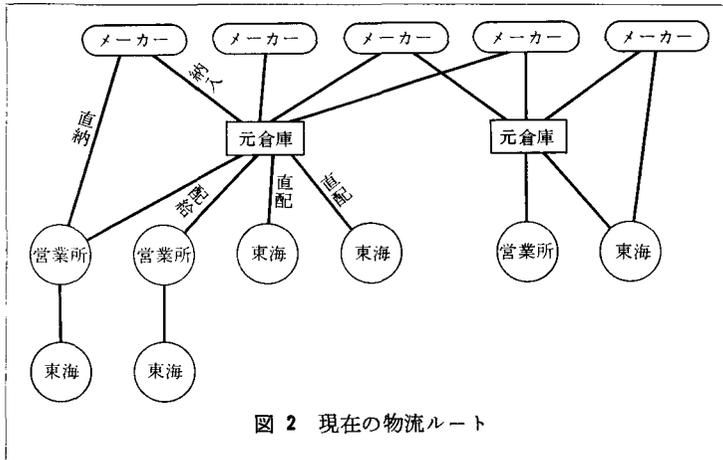


図2 現在の物流ルート

よいか、中央に配送センター的なものをおき支店の元倉庫を廃止してはどうかという話が出て今回の検討をすることになった。これを図1に示すシステムズ・アナリシスの分析手順[1]に従って整理報告することにする。

2. 問題の提起

配電工事は年々増加しているため、現行の資材管理体制では要員、倉庫施設等に限界がみられるので、現行の資材調達、供給、使用の流通機構を改革し、少数要員による業務処理を可能にさせ経費節減をはかりたい。その対策として、資材をメーカーから直接営業所へ納入する直納制の推進、支店元倉庫から直接東海へ配給する直配制の推進、作業の機械化、事務の簡素化等について検討してきたが、さらに抜本的な対策はないであろうか。これが問題である。

3. 問題の明確化

(1) 現在どうなっているか

木柱、コンクリート柱、経済輸送単位となる変圧器、積算電力量計は直納しており、元倉庫での主な取扱品は電線、変圧器等であり、全社で旬に1000tほど配給している。

事業所数は、

元倉庫	7カ所
営業所	29カ所
東海	65カ所

であり、物流ルートを図示すれば図2のようになる。

(2) どこまでを分析の対象とするか

ア. 分析対象

配電用貯蔵品(電線、変圧器、開閉器、パンザーマスト、副資材小もの)の保管および配給方式

イ. 分析対象から除外するもの

- 電柱、計器類
- 工務用品(発電所、変電所関係用品)
- 配給センターの運用方式
- レイアウト
- 人事関係
- その他

(3) 評価基準

各案の優劣比較は経費比較によることにする。ただし単年度の経費ではなく数年間にわたる累積経費の現価換算値で比較するものとし、経費としては、人件費、輸送費、在庫費、設備費を考えた。

(4) 前提条件

- ア. 資材の取扱単位はトン数で統一する。
- イ. 費用については、できるだけ社内外で公表されている数値を使うことにする。
 - ① 人件費……机上員と作業員に分けて算定する。上昇率は社内長期計画値を適用。
 - ② 輸送費……備車と混載便を考える。前者の費用は輸送請負契約書、後者の費用は積算資料による。
 - ③ 在庫費……安全在庫分の在庫経費を計上する。
 - ④ 設備費……土地、建物別に算定する。土地価格は当社用地部調査資料による現地の実価格を適用する。

4. 調査

(1) 代替案の列举開発

2. で提起された問題に対処するための方策としていくつかの代替案を考えた。

ア. 現状の延長案

ただし100%直配制とする。すなわち元倉庫から営業所倉庫経由で東海へ配給していたのを元倉庫から直接営業所または東海へ配給する。

イ. 配給センター案

支店元倉庫を廃止して、それらを統合した配給センターを設置する。(ただし配給センターは全社で2カ所以上になってもよく、その時はどこどこへ作り、受持ち範囲をどう分けるかも検討の対象とする)

ウ. 一部地域は配給センターで運用し、他地域は現状(元倉庫)で運用する案。つぎの2案を対象とする。

- ① { センター……名古屋、津、岐阜、岡崎
元倉庫……静岡、長野、飯田

- ② センター……名古屋，岐阜，岡崎
 元倉庫……静岡，津，長野，飯田
 エ. メーカーから直接営業所あるいは東海の倉庫へ納入する直納案

- ① 全品目直納
 { 全地域直納
 一部地域(1)直納，他地域は元倉庫
 " (2) " }
 ② 一部品目直納
 { 電線直納
 変圧器直納 } ×
 { 電線，変圧器直納 }
 { 他品目はセンター }
 { " 元倉庫 }

上記ア.～エ.の案について，さらに副資材のすべてを当社管理にする場合と，副資材の一部を東海の管理に委ねる場合についても検討した。

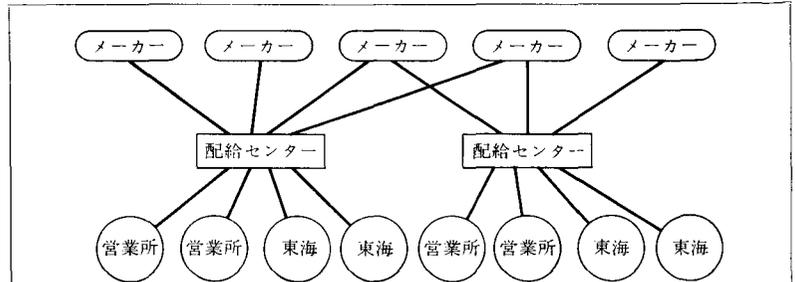


図3 配給センター案(センターを2カ所とした場合の例)

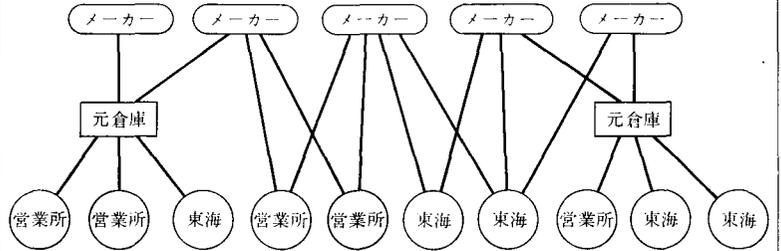


図4 一部地域全品目直納・他地域は元倉庫案

(2) データの収集，要因間の関係測定
 ア. 需要想定

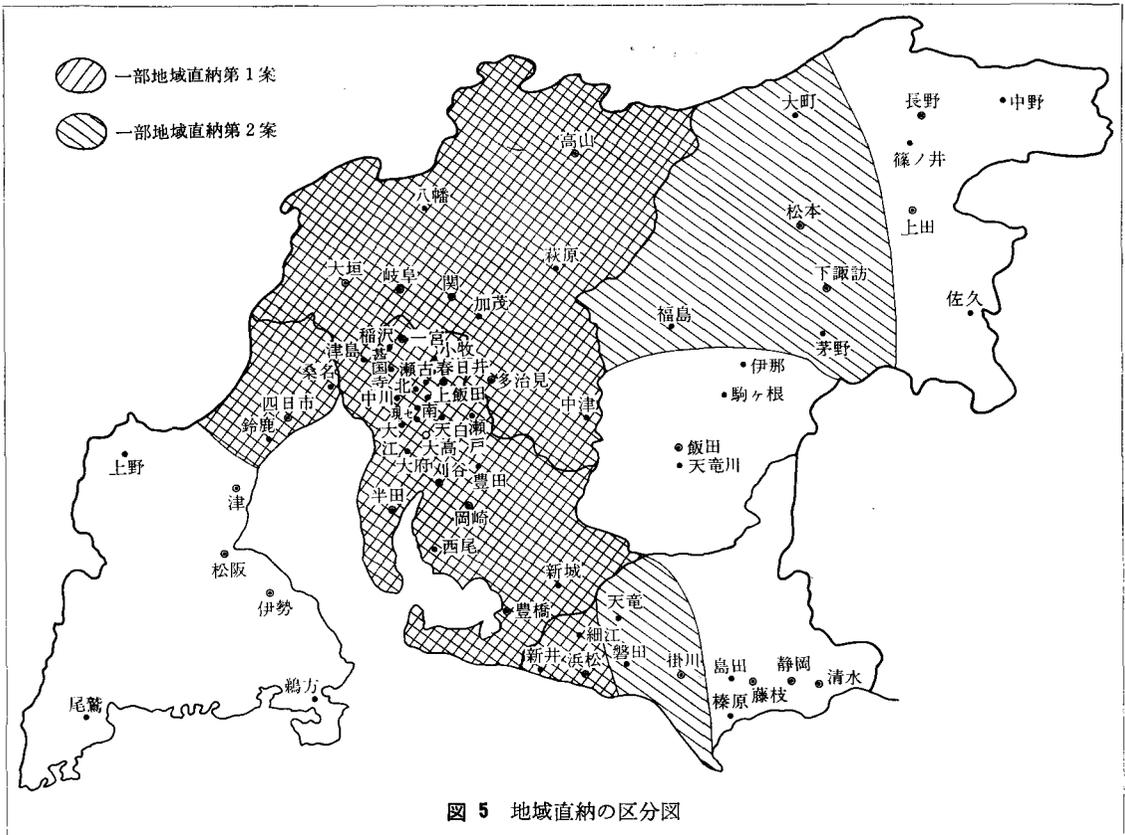


図5 地域直納の区分図

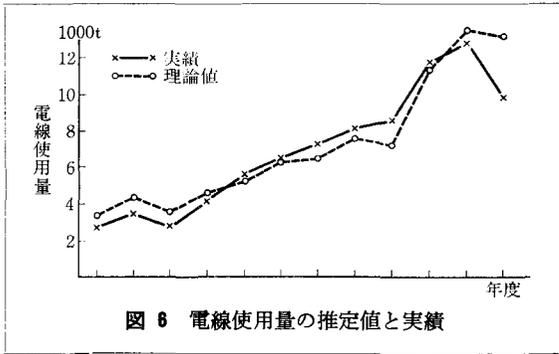


図6 電線使用量の推定値と実績

配電用資材の需要は、

- {設備の新設に伴うもの
- {設備の改修、取替に関するもの

とに分けられる。これと電力需要との関連を考えると、

- {新設は………最大電力の増分(ΔkW)
- {改修、取替は……既設設備の大きさ(kW)

に依存するのではないかと考えられる。そこで、

電線使用量(t) = $\alpha \times$ 最大電力 + $\beta \times$ 最大電力の増分 + γ
なる回帰モデルを考え分析を行なった。過去12年間のデータによりつぎの回帰係数が得られた。

$$\text{電線使用量}(Kt) = 0.0196 \times \text{最大電力(万kW)} + 2.0378 \times \text{増分(万kW)} + 2.694$$

この回帰式による理論値と実績を対比したのが図6である。

この回帰式に当社企画部、配電部で想定した最大電力想定値およびその増分を入れて将来年度の電線の需要想定を行なった。変圧器、機器、副資材の需要伸び率は一連の工事で、同様に需要があると考え電線に同じとした。

イ. 人件費の想定

① 所要要員数の算定

a) 元倉庫の要員

各支店社で配給業務に携わっている要員数および業務量は表1のようにになっている。

これからつぎの回帰式を作成し、配給センターおよび元倉庫の要員数を算定した。

$$\text{作業員数} = 0.0143 \times \text{配給量}(t) + 0.261 \times \text{配給先数} + 2.9$$

$$\text{机上員数} = 0.487 \times \text{作業員数} - 1.336$$

b) 営業所および東海要員

- 作業員 0.2人
 - 机上員 0.3人
- (現行の作業分析による。)

c) 本店要員

直納案を採用する時は、調達計算要員として配給センター案の時の62.5%が必要であるとした。(センター机上

表1 支店別資材要員と業務量諸元

元倉庫	作業員数	机上員数	旬配給量	配給先
名古屋	12人	8人	308 t	21カ所
静岡	9	5	176	16
津	7.5	2	133	12
岐阜	10	2.5	146	14
長野	9	3	131	12
岡崎	8	2	144	8
飯田	3	0	26	4

作業より受入れ検収業務を除外した。)

② 人件費単価

机上員、作業員別に全社の人件費平均値を求め、その上昇率は企画部作成の長期計画値を適用した。

ウ. 輸送費

① 配給センター案、元倉庫案

メーカーからセンターあるいは元倉庫までの輸送費は計上せず、センターあるいは元倉庫から事業所(営業所、東海)までの輸送費のみ計上する。輸送には4トン車または8トン車を備車する。ただし積載効率を90%とする。料金は現行の輸送請負契約を基準にし、5年に1回15%の値上げをする。返納品の輸送費は3割引とする。

② 直納案

メーカーから元倉庫、センターまでの輸送費は支払っていないが当然それは製品価格の中に織り込まれていると考えられる。直納の場合は備車はしないで一般のトラック混載便を使用するものとした。その料金の考え方は、

$$A = \text{メーカーから直納事業所までの混載輸送費}$$

$$B = \text{メーカーからセンターまでの備車輸送費}$$

とする。

それでもし $A > B$ ならば、その差額分をメーカーが黙って支払うとは考えられない。当然製品値上げという形で反映されよう。したがってこの差額 $A - B$ を直納案の輸送費として扱うこととした。Aは5.ウ.のように線形計画法により算出した。

エ. 在庫費用

① 安全在庫量

当社の安全在庫基準を参考として表2のように決めた。

② 在庫単価

トン当たり在庫品価格および上昇率を実績より算定。

③ 経費率

10%

①②により各代替における安全在庫量を金額換算し、その10%を在庫費用として計上する。

オ. 設備費

表 2 安全在庫の基準値

代替案	元倉庫	センター	営業所	東海
元倉庫	10日分	—	3日分	*3日分
センター	—	5日分	3日分	*3日分
直納	10日サイクル	—	—	12日分
	20日 "	—	—	13日分
	30日 "	—	—	15日分

(*印は対応する当社営業所倉庫で保管)

表 3 倉庫としての必要面積 (単位 m²/t)

	電線	変圧器	その他	副資材
屋内	1.97	0	0	6.25
屋外	0	1.93	3.05	0

表 4 倉庫の建設単価と年経費率

建物	建築単価 (円/m ²)	年経費率 (%)
元倉庫, センター	37,400	13.4
営業所, 東海	21,420	15.04

① 必要面積

安全在庫と配給量を収納できるだけの土地、建物が必要である。資材 1 t 当りの必要面積は現在の全倉庫収納量調査の結果から表 3 のように決めた。

この外に通路、踊り場として、元倉庫、センターでは屋内、屋外面積の 65%、営業所、東海では 80% が必要である。現設備で上記基準に不足をきたした場合は隣接地へ増設するものとする。

② 費用

増設のための用地取得単価については地点別に用地部で見積り、年経費率 10.68% を土地代として計上、建物費用は表 4 より求めた建設費用の年経費率を計上した。

5. 分 析

(1) モデルの作成

ア. 現状延長案の輸送パターン

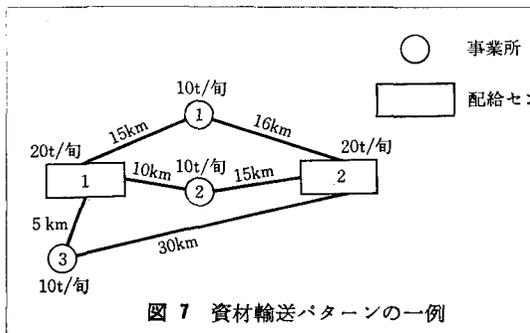


図 7 資材輸送パターンの一例

東海への直配率は 100% にし前出の方法で各年の経費計算を行なう。

イ. 配給センター案 (m 個設置する) の輸送パターン手順

- ① センターとなり得る候補地点を選び (19カ所) そこから全配給先までの道路距離を与える。
- ② 候補の中から m 個をとり出し仮センターとする。
- ③ 全配給先についてどちらのセンターから配給を受けたほうが有利かを比較し、有利なほうから配給をうける。一番近いセンターの配給容量が一杯の時はそこを拡張するか、少し遠くても他のセンターから配給を受けたほうが有利か比較計算を行なう。
- ④ センターとなり得る候補の中から m 個をとり出すとり出し方すべてについて②③を計算し経済的な組合せを数ケース選び出す。

ここで注意しておくことは③で配給先がどちらのセンターから配給をうけるか決める時に、調べていく配給先の順序を変えると解が変わることである。たとえば図 7 において、話を簡単にするため各事業所の需要はすべて 10t/旬とし、センターの容量は各 20t/旬までまかなえるものとする。

どちらのセンターから配給をうけるかについて、1 番の事業所から順に決めていくと、

事業所 1 センター 1 から配給をうける。

事業所 2 センター 1 から配給をうける。

事業所 3 センター 1 を 10 t 分拡張して 5 km 運搬する費用と、30 km 運搬してセンター 2 から配給をうける費用を較べて安いほうから配給をうける。

仮にセンターの拡張費が輸送費に較べきわめて大きいとすれば事業所 3 は遠いセンター 2 から配給をうけることになり、3 事業所の総輸送距離は 55 km となる。これを逆に事業所 3 から決めていけば総輸送距離は 31 km となる。できるだけ経済的な組合せを行なうためには事業所をどういう順番で調べていけばよいであろうか。

図 8 からわかるように事業所 1 はセンター 1, 2 ど

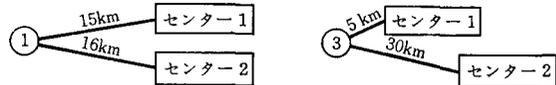


図 8 センターまでの距離の比較

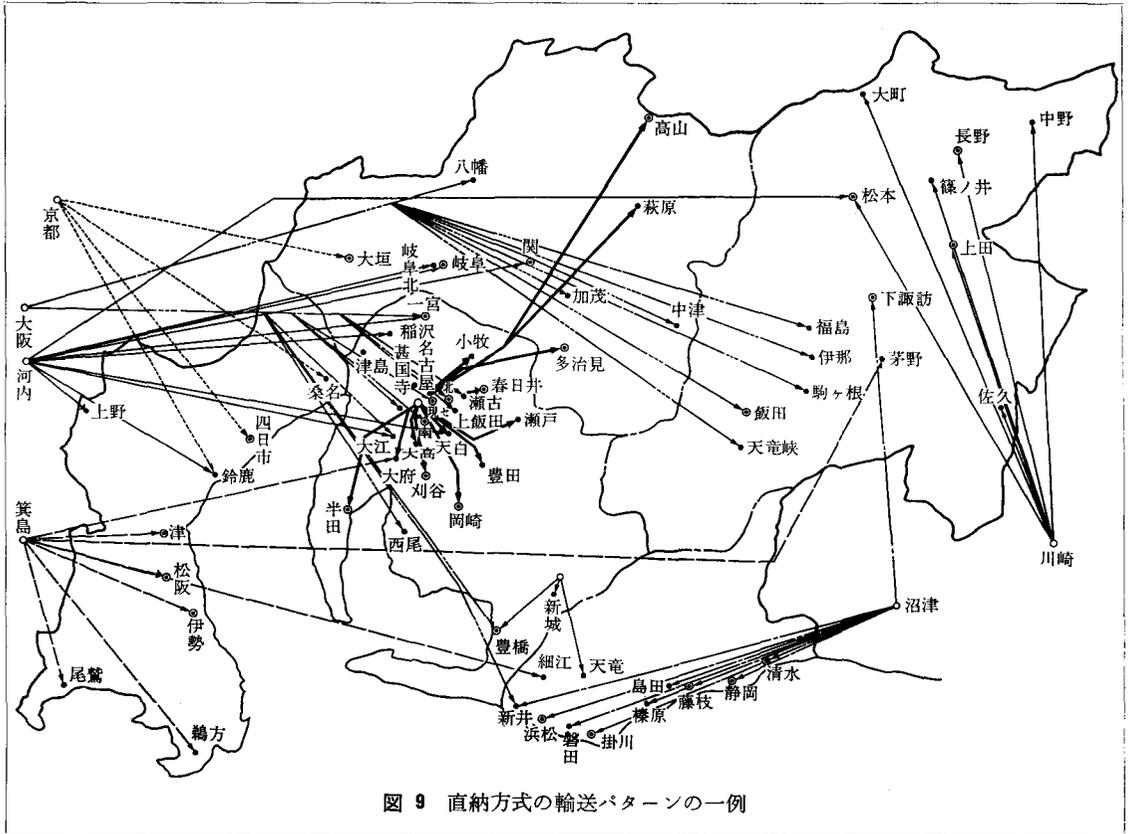


図 9 直納方式の輸送パターンの一例

ちからから配給をうけても大差はないが、事業所 3 は明らかにセンター 1 から配給をうけるほうが輸送距離が短い。この明らかさ(あるいは逆にあいまいさ)の程度を、情報理論的に扱って次式によって数量化した(この量をエントロピーとよぶ) [2], [3]。

$$H_i = - \sum_{j=1}^m p_{ij} \log p_{ij}$$

ここに、

i 事業所番号 ($i=1 \sim 94$)

j センター番号 ($j=1 \sim m$)

l_{ij} 事業所 i からセンター j までの距離

$$p_{ij} = \frac{\frac{1}{l_{ij}}}{\sum_{k=1}^m \frac{1}{l_{ik}}} \quad \left(\begin{array}{l} \text{事業所 } i \text{ がセンター } j \\ \text{から配給をうける確率} \\ \text{的な量} \end{array} \right)$$

全事業所についてエントロピーを計算し、その小さい順にどのセンターから配給をうけるか決めていくことにより経済的な組分けが可能となる。

ウ. 直納案の輸送パターン

例として裸銅線について説明する。

○メーカー所在値(8カ所)

名古屋, 大阪, 沼津, 箕島, 川崎, 河内, 京都, 新城

② 記号

S_i メーカー i からの供給量

D_j 事業所 j の需要

x_{ij} メーカー i から事業所 j への輸送量

d_{ij} メーカー i から事業所 j までの距離

$f(l)$ 距離 l の輸送費(単価)

$g(l)$ " " (固定分)

③ 制約式

$$S_i \geq \sum_{j=1}^{94} x_{ij} \quad (i=1 \sim 8)$$

$$D_j \leq \sum_{i=1}^8 x_{ij} \quad (j=1 \sim 94)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i=1 \sim 8, j=1 \sim 94)$$

④ 目的関数

$$z = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^{94} (f(d_{ij}) x_{ij} + g(d_{ij})) \rightarrow \text{最小}$$

⑤ $x_{ij}=0$ の時 $g(d_{ij})=0$ となるように細工をして

③④をLPモデルにして最適輸送方法を求めた。解の一例を図9に示す。

(2) 代替案の費用効果比較

いずれの代替案をとっても効果一定となるよう考えてあるので費用の比較だけとなる。上記の各輸送パターン

表 5 各案の56年度経費比較

(百万円)

代 替 案	副資材 当社もち					副資材一部 東海もち					
	人件費	輸送費	在庫費	設備費	合 計	人件費	輸送費	在庫費	設備費	合 計	
現状の延長	612	95	194	22	923	593	87	176	8	864	
1 センター(春日井)	508	172	139	57	876	489	157	128	45	819	
2 センター(春日井 長野)	525	145	146	55	871	506	133	135	42	816	
4支店で1センター 他〃は元倉庫	560	118	157	49	884	541	106	144	36	827	
全品目直納	490	98	220	42	850	487	89	200	19	795	
地域直納Ⅱ案	542	106	205	36	889	536	96	186	16	834	
3支店で1センター 他〃は元倉庫	577	109	163	46	895	558	98	150	34	840	
地域直納Ⅰ案	550	118	200	36	904	542	118	182	15	857	
電線直納	他品目は元倉庫	593	109	205	15	922	580	74	187	7	848
	〃 センター	516	162	177	34	889	501	118	166	20	805
変圧器納	〃 元倉庫	666	113	201	22	1002	651	103	184	8	946
	〃 センター	575	169	155	40	939	558	154	144	27	883
電圧線器・直変納	〃 元倉庫	648	120	212	15	995	637	88	194	7	926
	〃 センター	582	166	193	34	975	570	126	182	20	898

に対して費用を導入し、センターの運用予定年度から8年間にわたる経費を求めた。その一部が表5、表6である。

(3) 不確実性の分析

費用算出のベースとなるのは需要である。需要があるからこそ、それを取り扱う要員や輸送、保管といった行為が必要となり経費がかかっている。

この需要が当初想定値から $x\%$ 違っていた時、将来年度の費用はどの程度の影響を受けるかについてつぎのように想定した。

基準年度について、

A_1 ; 人件費

A_2 ; 輸送費

A_3 ; 在庫費

A_4 ; 設備費

とし、 i 年後のそれぞれを B_1, B_2, B_3, B_4 とする。

基準年度の需要を $x\%$ 変化させた場合の各費用 A_1', A_2', A_3', A_4' を求め、その変化率関数 $f_i(x)$ を求める。すなわち、

$$A_i' = A_i(1 + f_i(x)) \quad (i=1 \sim 4)$$

とすると

$$\begin{aligned} A' &= \sum A_i(1 + f_i(x)) \\ &= A(1 + \sum \frac{A_i}{A} f_i(x)) \end{aligned}$$

表 6 各案の長期経費比較 (百万円)

代替案		3年目	7年目	10年目	3~10年目 合計	順位
現状の延長	当年年経費	403	644	923	5050	5
	現 価	303	330	355	2624	
春日井 センター	当年年経費	420	633	876	4973	3
	現 価	316	325	338	2601	
春日井、長 野センター	当年年経費	422	640	871	4993	4
	現 価	317	328	336	2614	
4支店で 1センター	当年年経費	430	657	884	5098	6
	現 価	323	337	341	2669	
全品目直納	当年年経費	396	614	849	4790	1
	現 価	297	315	327	2501	
地域直納Ⅱ	当年年経費	394	625	889	4897	2
	現 価	297	321	343	2547	

$$\begin{aligned} B' &= \sum \alpha_i A_i' \\ &= \sum \alpha_i A_i(1 + f_i(x)) \\ &= \sum B_i(1 + f_i(x)) \\ &= B(1 + \sum \frac{B_i}{B} f_i(x)) \end{aligned}$$

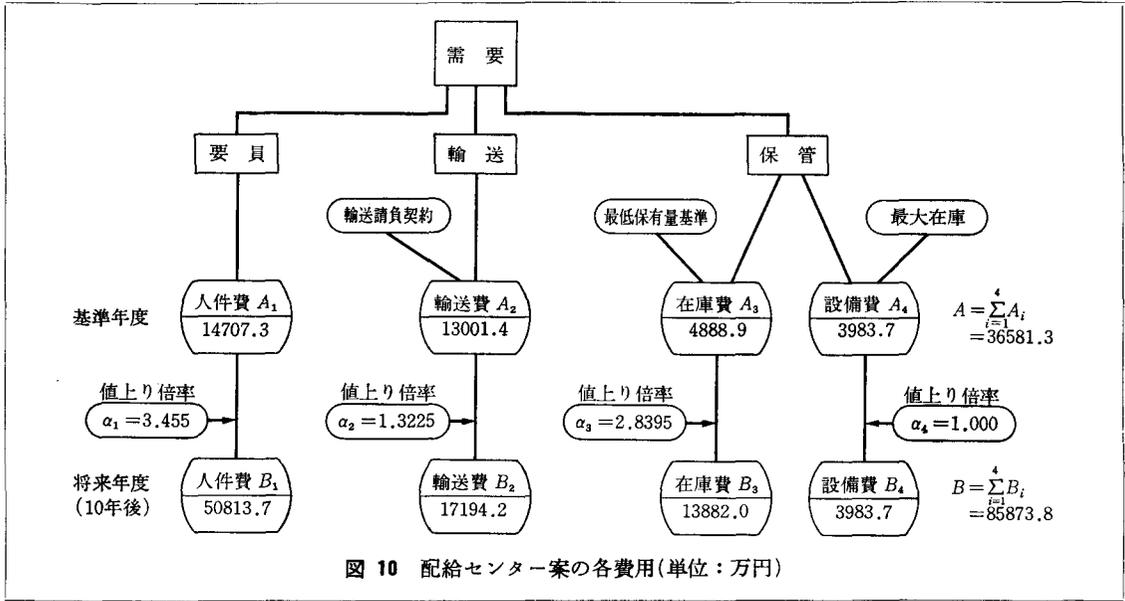


図 10 配給センター案の各費用(単位:万円)

となり総経費の変化率は $\sum \frac{A_i}{A} f_i(x)$, $\sum \frac{B_i}{B} f_i(x)$ となる。図10の配給センター案の例では、

$$f_1(x) = 0.00309x$$

$$f_2(x) = 0.00926x$$

$$f_3(x) = 0.01x$$

$$f_4(x) = 0.01x$$

と求められているので、これを使うと、

$$A' = A(1 + 0.006959x)$$

$$B' = B(1 + 0.005763x)$$

となる。すなわち基準年度の需要想定が1%増減すれば総経費は0.7%増減し、10年後の総経費は0.58%増減する。代替案ごとに総合変化率を求めたので1~2示すと、

	基準年度	10年後
配給センター案	0.006959	0.005763
現状の延長案	0.006268	0.005026
全品目直納案	0.009155	0.006195

これから表6の順位の安定性を調べてみる。たとえば需要が10%増えたたとすると10年後の各案の現価は、

	当初想定値	10%増加
配給センター案	338百万円	357百万円
現状の延長案	355	373
全品目直納案	327	347

となり、順位は変わらないことがわかる。

6. 解釈と評価

表5, 表6の通り全品目直納案が最も経済的で、ついで

で配給センター案、一部地域センター案となっているが、それらの差はわずかで、とくにどの案がよいともいえない。しかし各年の経費の動きをみると現状の延長案は近時点では経済的であるが、次第に不経済な案となっている。これは主として人件費の高騰によるものである。

直納に関してはメーカーの手間が増えるがそれは考慮されていないのでその経費は別途購入価格にはねかえるものと思われる。

7. あとがき

これは数年前に検討したものである。検討の結果、配給センター案は棚上げにされ、現在電線、変圧器の大部分を直納化した一部品目直納案が実施されている。

参考文献

- [1] 宮川公男; PPBSの原理と分析。
- [2] 本告光男, 榎本久徳; 送電系統計画の Optimal Location, オペレーションズ・リサーチ, 1966年9月号。
- [3] 本告光男, 榎本久徳; ORにおける情報理論, 数理科学, 昭和40年5月号。

[もとおり みつお, えのもと ひさのり, たなか ようへい 中部電力㈱]