

《小特集》

安全のための人間の価値観の定量化

野口和彦*・杉山
鈴木聡**・三宅淳巳**
健**・小川輝繁**

ABSTRACT It is important for safety to evaluate value judgment quantitatively. We analyzed public and corporation value judgment for the deterioration factor of social reliability and the uneasiest factor of blast planning by the analytic hierarchy process.

1. はじめに

安全という事に関する関心が高まっている今日ではあるが、その試みに対する成果は必ずしも思いのこみではない。

これは、我が国において安全という分野が確立されておらず、それぞれの専門の集合によって安全を担保しようという所にも多くの問題が存在すると思われるが、さらに大きい要因としてこれまで安全に対する対処が技術者に依存されてきたという所が指摘される。

従って、これまで安全担保に対する試みは、主に工学技術を主流とする試みであったと言って良いであろう。

しかし、安全という概念は事故が起きないという事と同義ではなく（事故が起きなくとも事故の起きる可能性が大きいことは安全とは言えない）、さらには安心という心の領域まで考えなくてはならない為、人間の心・価値観を明示する指標が必要となってきた。

これまでの技術者は、普遍であることに大きな価値観をもち、その為人間の心の問題のような普遍性を立証しづらいテーマに関しては議論することを忌避し続けてきた。

だが、事ここに至っては、人間の気持ちや価値観というものを定量化することを検討せざるを得ない状況となっており、本論文は、その一つの試みとして階層分析法という手法の応用例を示すものである。

2. 階層分析法の概要

この意思決定手法は、アメリカの *Thomas L. Saaty* により、確立された方法である。

この階層分析法の特徴を以下に示す。

- 判断基準の比較を一貫した一対比較手法により行う。
- 直接比較することが困難な判断基準について意思決定者の主観を合理的かつ簡便に相対比較を行い、重要度を求める。
- 不確実性や曖昧さの下における合理的な意思決定手法を意図して創作された手法である。
- 階層構造より、判断基準の独立性が維持される。

これらの特徴を有している階層分析法は、以下の段階を経て行われる。

- ①階層構造の作成
- ②一対比較によるデータの収集及び判断基準の重要度
- ③階層構造にしたがった重要度の合成

以下にこの流れに沿って階層分析法について述べる。

①階層構造の作成

階層分析法において意思決定を行うには、問題の要素を最終目標・評価基準・代替案からなる階層構造でとらえる。ここで、評価基準は複数の階層からなっている場合もあり、それらは評価基準をさらに細分化した評価基準になっている。この階層構造を作成する際の注意点として、同一レベルには互いに独立性の高い判断基準を配置すること及び、同一レベルに位置する要素は7つ程度を上限とすることがあげられる。

②一対比較によるデータの収集及び判断基準の重要度

階層分析法は、マルチクライテリア意思決定法の中でも以下の点で特徴がある。

Quantitative analysis of value judgment for safety. By Kazuhiko Noguchi (Research Center for Safety Science, Mitsubishi Research Institute, Inc.), Satoru Sugiyama, Atsumi Miyake, Takeshi Suzuki and Terushige Ogawa (Yokohama National Univ.).

*㈱三菱総合研究所総合安全研究センター

**横浜国立大学

表1 一対比較値

比較値	意味
1	同じくらい問題
3	少し問題
5	かなり問題
7	非常に問題
9	圧倒的に問題

	I_1	I_2	I_3	...	I_n
I_1	1	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
I_2	a_{21}	a_{23}	...	a_{2n}	
I_3	a_{31}	a_{32}	1	...	a_{3n}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	1	$\vdots$
I_n	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	...	1

a)一対比較

b)固有ベクトルを用いた重要度の算出

以下にこれらの2点について述べる。

a)一対比較

ある2つの比較対象が存在し、それぞれの重要度を直接比較できない場合や適切な指標がないために比較できない場合に、表1の数値により判別基準の価値観をスケールする。

このスケールに基づく一対比較を比較対象(I_i)全てについて行い以下に示す行列を作成する。

このとき、 a_{ij} は I_j を比較したときの I_i の相対的な重要度である。 I_i が I_j に比べて重要であれば、その重要度に応じて a_{ij} は表1に示した一対比較値で示され、 a_{ij} はその逆の関係が成り立つことから a_{ji} は次式で示される。

$$a_{ij}=1/a_{ji} \quad (1)$$

一対比較の結果得られたマトリクスから、各比較対象の重要度を求めるには、固有ベクトルを用いる。ただし、最大固有値に伴う固有ベクトルは、その和が1になるように規格化されている。

$$Aw=\lambda_{\text{MAX}}w \quad (2)$$

$$A=(a_{ij}) \quad (3)$$

ただし、 λ_{MAX} : A の最大固有値

w : A の固有列ベクトル($w_1, w_2, \dots, w_n$)

また、

$$\sum_{i=1}^n w_i=1$$

このように固有値を求めたとき、一対比較が矛盾なく合理的に行われたかを判断するために行列の整合度が以下の式で表される。

$$C.I.=\frac{\lambda_{\text{MAX}}-n}{n-1} \quad (4)$$

この整合度が、一対比較の整合性の判断の基準となる。この整合度が、0.1数値であれば、十分な整合性を有していると判断する。

b)階層構造にしたがった重合度の合成

各階層毎に求められた重要度は、以下に示す方法でレベル間の合成が行われる。階層構造内でレベル k とレベル $k+1$ が親子関係にある時、レベル k の各要素の重要度を $w_{ki}(i \sim m)$ 、親要素 i に対するレベル $k+1$ の子要素 j の重要度を v_{ij} とするとときレベル $k+1$ における i の重要度は、次式で示される。

$$w_{k+1j}=\sum_{i=1}^m w_{ki}v_{ij} \quad (5)$$

ここで、

$$w_k=(w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{km}) \quad (6)$$

$$w_{k+1}=(w_{k+11}, w_{k+12}, \dots, w_{k+1m}) \quad (7)$$

$$V=[v_{ij}] \quad (8)$$

とすると

$$w_{k+1}=w_k V \quad (9)$$

により、重要度の合成を行うことができる。以上の作業を最終目標から代替案まで、繰り返すことにより評価基準の総合的な重要度が求められる。

3. 価値観の定量化事例

3.1 社会的信頼性低下に対する要因の定量化

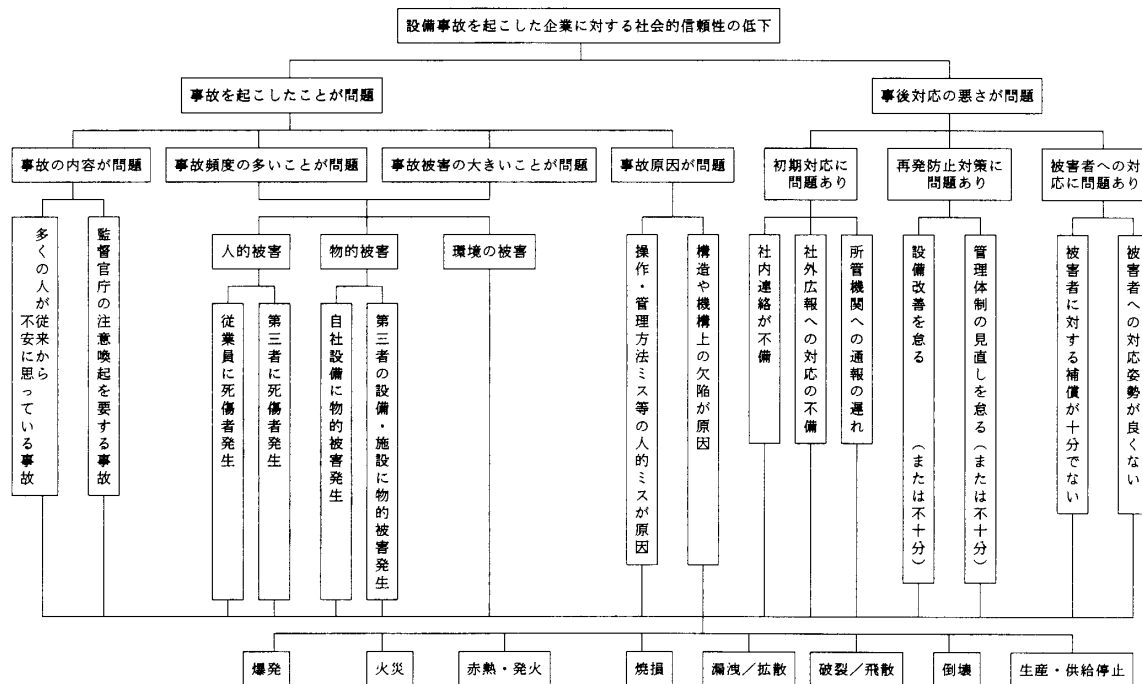
工学プラントを持つ企業は、その安全性に対し様々な対応を行い、事故の防止に多くの労力をかけているが、その費用や人手の制限からより重要な問題を抽出して優先的に対応を迫られている状況である。この際、これまで重大事故といえば被害が大規模であったり、死傷者が多数で事故を指していたが、現在ではその事故を起こすことで、その企業の社会的信頼を大きく低下させる事故を重大事故と定義する傾向にある。

ここで、問題となるのが社会的信頼性という漠然とした概念を如何に定量的に評価するかということである。ここでは、以下の仮説を設け、階層分析法を用いて価値観の定量化を行う事とした。

①公衆が情報を受けるのは、殆どマスコミを通じてである。

②マスコミの記事の大きさや書き方は、マスコミ関係者の価値観に依存している。

調査に用いた階層図を図1に、アンケートの書式例を図2に示す。



事故を起こした事自体が問題となる場合、次の項目の内どちらがより問題でしょうか？



調査は、2年間で2回実施した。その結果を表2～4に示す。

この結果から、以下の様な事が分かる。

- ①企業は、事故を起こした事自体を問題点として捉えがちであるが、マスコミは事後対応に関心を持っている。
- ②マスコミは、人身事故、環境事故、物的損害事故を6:3:1程度の重みとして捕らえている。
- ③マスコミが企業と比べて重視している項目は、以下のものがある。
 - ・社外広報への対応の不備

表 2 社会的信頼性低下に対する各評価項目の重みの調査結果

評価項目 (重み)	各評価項目の重み				
	第一回データ	全データ平均	設備事業企業	一般企業	報道関係企業
1. 事故を起こした事が問題	0.543	0.522	0.541	0.521	0.493
2. 事後の対応が問題	0.457	0.478	0.459	0.479	0.507
1. 1 事故の内容が問題	0.175	0.181	0.192	0.135	0.183
1. 2 事故頻度の多い事が問題	0.174	0.170	0.165	0.174	0.176
1. 3 事故被害の大きい事が問題	0.438	0.435	0.456	0.430	0.407
1. 4 事故原因が問題	0.213	0.214	0.187	0.261	0.235
2. 1 初期対応に問題あり	0.318	0.315	0.310	0.326	0.319
2. 2 再発防止対策に問題あり	0.269	0.231	0.220	0.252	0.237
2. 3 被害者への対応に問題あり	0.413	0.454	0.470	0.422	0.444

- ・設備改善を怠る
- ・被害者への補償が十分でない 等

- ④マスコミが企業と比べて重視していない項目は、以

表3 社会的信頼性低下に対する各評価項目の重みの調査結果

評価項目(要因)	各評価項目の重み				
	第1回調査分	全データ平均	設備事業企業	一般企業	報道関係企業
多くの人が従来から不安に思っている事故	0.0819	0.0706	0.0710	0.0590	0.0731
		0.8620	0.8669	0.7204	0.8926
監督官庁の注意喚起を要する事故	0.0129	0.0238	0.0328	0.0117	0.0169
		1.8450	2.5426	0.9070	1.3101
従業員に死傷者発生	0.0596	0.0479	0.0556	0.0518	0.0366
		0.8037	0.9329	0.8691	0.6141
第三者に死傷者発生	0.161	0.148	0.167	0.131	0.129
		0.9193	1.0373	0.8137	0.8012
自社設備に物的被害発生	0.0037	0.0048	0.0045	0.0071	0.0045
		1.2973	1.2162	1.9189	1.2162
第三者の設備・施設に物的被害発生	0.0206	0.0235	0.0224	0.0263	0.0234
		1.1408	1.0874	1.2767	1.1359
環境の被害	0.0868	0.0915	0.0866	0.0981	0.0937
		1.0541	0.9977	1.1302	1.0795
操作・管理方法ミス等の人的ミスが原因	0.0324	0.0471	0.0432	0.0611	0.0467
		1.4537	1.3333	1.8858	1.4414
構造や機構上の欠陥が原因	0.0833	0.0647	0.0581	0.0750	0.0690
		0.7767	0.6975	0.9004	0.8283
社内連絡が不備	0.0254	0.0303	0.0294	0.0460	0.0250
		1.1929	1.1575	1.8110	0.9843
社外広報への対応の不備	0.0783	0.0567	0.0444	0.0503	0.0799
		0.7241	0.5670	0.6424	1.0204
所管機関への通報の遅れ	0.0418	0.0638	0.0685	0.0595	0.0570
		1.5263	1.6388	1.4234	1.3636
設備改善を怠る(または不十分)	0.0721	0.0547	0.0479	0.0570	0.0644
		0.7587	0.6644	0.7906	0.8932
管理体制の見直しを怠る(または不十分)	0.0511	0.0556	0.0532	0.0637	0.0557
		1.0881	1.0411	1.2466	1.0900
被害者に対する補償が十分でない	0.0905	0.0714	0.0677	0.0611	0.0813
		0.7890	0.7481	0.6751	0.8963
被害者への対応姿勢が良くない	0.0983	0.146	0.148	0.141	0.144
		1.4852	1.5056	1.4344	1.4649

注) 評価項目の重みベクトル値欄の上段:各要因の重み
下段:第1回調査分の重みに対する今回データの比率

下のものがある。

- ・監督官庁の注意を喚起する事故を起こす
- ・従業員に死傷事故が発生する 等

- ⑤社会的信頼性の低下を基準として、重大事故を選定すると、爆発事故、火災事故、漏洩事故が挙げられる。

この様に調査の結果、何となく想定していたことと同様の結果を確認する事になる事や思いがけない結果となる事もある。

ここで、重要なのは水かけ論に陥りがちな人間の価値観の問題を定量的に示すということが意志決定に際しては、有効であるということである。

その際、人間の第一感と等しければ、安心して推進することが可能となり、もし異なった結果が出た場合

には、その結果を議論する事により、新たな展開をもたらす事ができる。

3.2 採石作業に関する適用

企業が公衆(周辺住民)との関係を重視し対応の検討を行う為、企業の意志とその結果としての妥当性に関して議論する場合には、次の3つのステップがある。

- ①企業と住民の意識が一致しているか
- ②企業内でのコンセンサスがとれているか
- ③企業内の意識と実際に対応にずれがないのか

ここでは、火薬を用いる採石作業を対象として、住民の作業に対する不安を企業がどの様に考えているかを明らかにする為に階層分析法を適用した。

採石作業に関する意識調査の為に作成した階層図を図3に示す。

今回のアンケートでは、企業意識の分析候補として、発破設計会計8名、採石会社11名(8社)、火薬製造販売会社12名(2社)を対象として分析を実施し、一般の人間の価値観のサンプルとして横浜国大の20名の学生を対象とした。

この分析の結果を表5～表7、図4～図5に示す。

結果の表からもわかるように、それぞれのおかれている環境や立場により、意識の特徴が見られた。例として挙げると、同じ業種でも発破自体に不安を持っている企業や企業姿勢自体に不安を持っている企業があり、それぞれの企業の持っている不安材料により、心配している内容が異なり、興味深い事に自分の専門以外に問題が存在すると思える傾向が見られた(例えば、火薬担当者は、火薬自体よりも企業態度がより住民に不安を与えていると思える傾向にある)。さらに、役職や経験年数により、その不安の対象が異なることが明らかとなった。企業の意志決定において、このような状況を正確に把握して、対処方法を決定していくことが、それぞれの対応を効果的に進める上で重要である。

この結果からわかる様に、企業内においても、その考え方は統一されてはおらず、この状況のままで、企業の意志決定を行うとその対応策は、合理的な判断に基づいたものとは言えなくなってしまう。このような状況を防ぐには、それぞれの考えを第三者にわかる形式に整理し、その考え方の違いとなっている原因も含め、検討することが重要となる。

また、実施する対策に関しても、自社の問題点とその対策には、表8に示す様な関係にあることが、分析結果から導きだせるが、この結果と既存の対応と比較

表4 各事故形態の社会的信頼性低下に対する寄与の重みのベクトル成分および総合ベクトル成分（第1回）

評価項目（要因）	各要因の重み	事故形態に対する重みベクトル成分（成分和＝1）							
		爆発	火災	赤熱・発火	焼損	漏洩／拡散	破裂／飛散	倒壊	供給停止
多くの人が従来から不安に思っている事故	0.082	0.359	0.200	0.0379	0.0465	0.105	0.109	0.0886	0.0545
	0.1120	0.378	0.199	0.0404	0.029	0.109	0.107	0.0923	0.0464
監督官庁の注意喚起を要する事故	0.013	0.291	0.168	0.0561	0.0582	0.129	0.125	0.120	0.0526
	0.0218	0.318	0.195	0.0496	0.0412	0.132	0.105	0.0962	0.064
従業員に死傷者発生	0.060	0.366	0.215	0.0545	0.0527	0.0425	0.0828	0.154	0.0321
	0.0628	0.379	0.160	0.0646	0.0413	0.0515	0.142	0.131	0.0318
第三者に死傷者発生	0.162	0.382	0.141	0.0422	0.0370	0.120	0.121	0.104	0.0524
	0.2290	0.368	0.156	0.0589	0.0350	0.0789	0.146	0.117	0.0411
自社設備に物的被害発生	0.004	0.306	0.191	0.0508	0.0915	0.0549	0.0823	0.171	0.0525
	0.0043	0.283	0.200	0.0832	0.0704	0.0719	0.107	0.120	0.0647
第三者の設備・施設に物的被害発生	0.021	0.344	0.193	0.0445	0.0536	0.0972	0.114	0.102	0.0519
	0.0266	0.323	0.184	0.0591	0.0386	0.110	0.126	0.105	0.0551
環境の被害	0.087	0.257	0.142	0.0507	0.0467	0.222	0.184	0.0618	0.0354
	0.1550	0.278	0.145	0.0493	0.0353	0.227	0.147	0.0767	0.0414
操作・管理方法ミス等の人的ミスが原因	0.032	0.128	0.136	0.161	0.109	0.132	0.0896	0.0798	0.164
	0.0582	0.101	0.0876	0.110	0.113	0.189	0.124	0.0797	0.196
構造や機構上の欠陥が原因	0.083	0.118	0.0944	0.138	0.109	0.160	0.103	0.0983	0.179
	0.0468	0.0949	0.0857	0.140	0.128	0.170	0.103	0.0851	0.193
社内連絡が不備	0.025	0.172	0.116	0.0853	0.104	0.158	0.105	0.105	0.154
	0.0201	0.268	0.136	0.100	0.106	0.104	0.109	0.106	0.0703
社外広報への対応の不備	0.078	0.157	0.103	0.138	0.0846	0.183	0.126	0.0770	0.132
	0.0355	0.244	0.149	0.101	0.0940	0.120	0.106	0.112	0.0747
所管機関への通報の遅れ	0.042	0.0730	0.0723	0.145	0.105	0.216	0.116	0.0676	0.205
	0.0442	0.148	0.110	0.119	0.155	0.122	0.108	0.110	0.127
設備改善を怠る（または不十分）	0.072	0.0720	0.0602	0.142	0.0956	0.200	0.118	0.0806	0.232
	0.0292	0.0638	0.0709	0.149	0.185	0.153	0.114	0.108	0.156
管理体制の見直しを怠る（または不十分）	0.051	0.0761	0.0642	0.178	0.105	0.183	0.134	0.0746	0.186
	0.0290	0.0810	0.0865	0.156	0.168	0.119	0.111	0.116	0.162
被害者に対する補償が十分でない	0.090	0.140	0.135	0.0775	0.0683	0.215	0.138	0.0865	0.140
	0.0412	0.101	0.0865	0.120	0.138	0.139	0.121	0.127	0.167
被害者への対応姿勢が良くない	0.098	0.130	0.122	0.0728	0.0637	0.232	0.129	0.0800	0.169
	0.0848	0.0939	0.0798	0.132	0.157	0.134	0.112	0.127	0.164
総合ベクトル	Σ （新評）×（新事）	0.216	0.129	0.086	0.070	0.164	0.123	0.090	0.118
	Σ （製評）×（製事）	0.257	0.137	0.0815	0.0758	0.131	0.127	0.105	0.0863
	Σ （新評）×（製事）	0.219	0.126	0.0962	0.0957	0.129	0.122	0.108	0.104

注) 事故形態に対するベクトル値欄の 上段：新聞記者のアンケート（新事）
下段：製造企業のアンケート（製事）

評価項目の重みベクトル値欄の 上段：新聞記者のアンケート（新評）
下段：製造企業のアンケート（製評）

総合ベクトル値の欄の 上段：各評価項目について（新評）×（新事）の総和を取ったもの
中段：各評価項目について（製評）×（製事）の総和を取ったもの
下段：各評価項目について（新評）×（製事）の総和を取ったもの

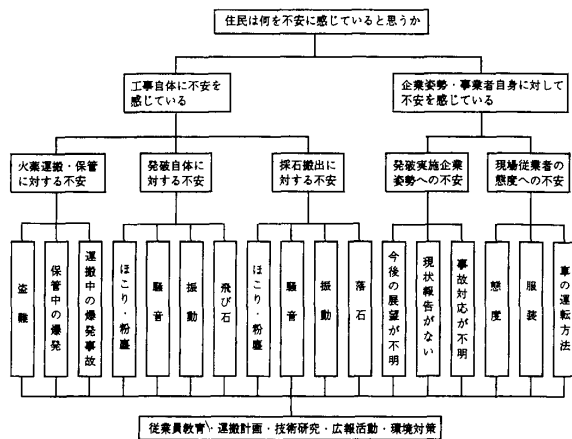


図3 採石に関する住民不安の階層図

表5 本研究における6タイプの不安の定義

タイプ	重要度0.4以上の因子
1	発破自体に対する不安
2	採石搬出に対する不安
3	火薬運搬・保管に対する不安
4	発破実施企業姿勢への不安
5	現場従業員の態度への不安
6	その他

表6 分類された比率の比較

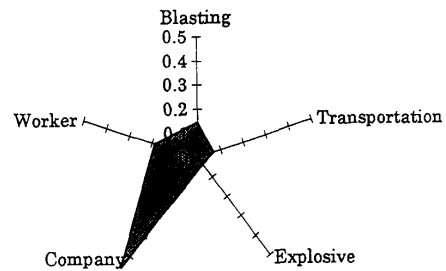
	タイプ1 (%)	タイプ2 (%)	タイプ3 (%)	タイプ4 (%)	タイプ5 (%)	タイプ6 (%)	総計 (%)
発破設計会社	25	13	0	25	0	37	100
採石会社	40	0	0	30	0	30	100
火薬製造販売会社C	14	0	0	86	0	0	100
火薬製造販売会社D	0	0	0	80	0	20	100
学部生	9	9	0	36.5	9	36.5	100
大学院生	0	0	0	0	22	78	100

表7 採石会社従業員のアンケート結果を平均した不安要因の重要の比較

不安要因	A社	B社
回答数	2	2
発破自体に対する不安	0.467	0.069
採石搬出に対する不安	0.114	0.267
火薬運搬・保管に対する不安	0.194	0.069
発破実施企業姿勢への不安	0.179	0.416
現場従業員の態度への不安	0.045	0.17

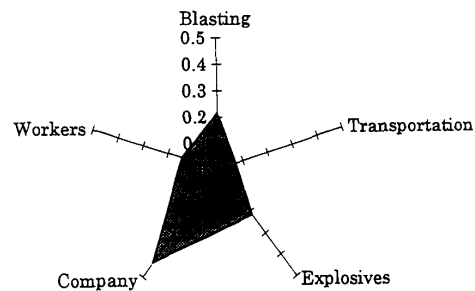
してその合理性を検証することも可能となる。

企業が合理的な対応を行おうとする際には、人間が本当に必要だと感じていることは何なのか、また必要と



Individual data
Company:Blast planning, Age:53,
Official title:Chief of the section, Term of working:29

図4 個人の第三階層のレベルでの要因の重みの比較



Individual data
Company:Blast planning, Age:43,
Official title:Chief of the Clark, Term of working:10

図5 個人の第三階層のレベルでの要因の重みの比較

表8 最も重要度の高い対策の比較

		火薬製造販売会社	発破設計会社	採石会社
発破自体に対する不安	ほこり・粉塵	技術研究	環境対策	技術研究
	騒音	技術研究	技術研究	技術研究
	振動	環境対策	技術研究	技術研究
	飛び石	従業員教育	技術研究	従業員教育
火薬運搬・保管に対する不安	運搬中の爆発事故	技術研究	従業員教育	環境対策
	保管中の爆発	従業員教育	従業員教育	従業員教育
	盗難	従業員教育	従業員教育	従業員教育
採石搬出に対する不安	ほこり・粉塵	環境対策	運搬計画	環境対策
	騒音	環境対策	運搬計画	環境対策
	振動	環境対策	運搬計画	環境対策
	落石	従業員教育	従業員教育	従業員教育
発破実施企業姿勢への不安	今後の展望が不明	環境対策	公報活動	公報活動
	現状報告がない	従業員教育	公報活動	公報活動
	事故対応が不明	従業員教育	従業員教育	公報活動
現場従業員の態度への不安	車の運転方法	従業員教育	従業員教育	従業員教育
	態度	従業員教育	従業員教育	従業員教育
	服装	従業員教育	従業員教育	従業員教育

感じていることと行っている事が同じなのかということとは検証する必要がある訳である。

さらに、一般住民の価値判断に関しても、全て一致する訳ではなく、その経験に応じ幾つかのグループに

分類される。一般的に言えば、人間は自分の価値意識を明確に自覚しているわけではなく、全体的に認識している場合が多い。その為、様々な要求や意見も一貫性が無い場合もあり、対応に苦慮する原因ともなっている。従って、公衆の意識をこの様な方法で定量化して、逆に住民に示すことにより、問題点を住民と企業で共有化することが必要となろう。

4. ま と め

今回の調査では、階層分析法によりそれぞれの立場による価値観の相違や傾向を把握できることを示した。これまで、技術者にとっては、対象外であった人間の価値観を定量化することで、より合理的な安全対応が可能となることは明らかである。

人間は、自分の価値観を明確に分析して確認することは難しい。

階層分析法は、価値観を階層的に整理するところから始まる。整理したそれぞれの階層の価値観に対して一対比較をしていくことにより、全体の価値較正を明

らかにしていくわけである。

この際重要な事は同階層のグループ間の大きさのバランスを壊さないことである。

価値観の違いは基本的にそれぞれの人間において存在するものであり、細かな違いを明らかにすることが目的ではない。さらに集団の意志を計る場合、飛び離れた意志の持ち主をどう取り扱うかも問題である。

今後は、自然界、工学分野での解析・評価と同時に、人間の気持ち・価値観を解析することがより望ましい社会構築に向けて必要なことであると考え次第である。

参 考 文 献

- 1) 刀根 薫, ゲーム感覚意思決定法—AHP 入門—, 日科技連 (1986)
- 2) 杉山・三宅・小川・野口・鈴木・角田; 技術システムのパブリックアクセプタンスに関する研究 (1995)
- 3) James G. Dolan, Bernard J. Isselhardt, Jr., The Analytic Hierarchy Process in Medical Decision Making, Tutorial in Analytic Hierarchy Process, Jan-Mar, 9, 1 (1989)